

Preduzeće vrši postepenu transformaciju ka Industriji 4.0 Nakon benčmarkinga i sprovedenog breinstorminga u sopstvenom odeljenju razvoja, izdvojile su se tri ideje unapređenja kao potencijalni projekti usmereni ka transformaciji. Preduzeće, trenutno ima resurse za realizaciju samo jedne ideje unapređenja. Potrebno je izvršiti višekriterijumsku evaluaciju predloženih ideja o unapređenju, uz uvažavanje mišljenja finansijskih eksperata koji su konsultovani po ovom pitanju.

Predložene ideje su:

- Uvođenje Cloud IIoT platforme;
- Automatizacija kontrole kvaliteta;
- Automatizovanje zamene kalupa tokom proizvodnje.

Na osnovu mišljenja top menadžmenta kompanije, sve tri ideje unapređenja treba proceniti na osnovu sledećih kriterijuma:

- Bezbednost i zdravlje na radu;
- Povraćaj investicije – ROI;
- Očekivani neto profit.

Preduzeće je konsultovalo finansijske eksperte kako bi uradili poređenje sva tri predložena kriterijuma, po osnovu njihovog značaja na ukupno poslovanje preduzeća. Takođe, eksperti su izvršili poređenje sve tri ideje unapređenja(alternative) sa aspekta svakog od navedenih kriterijuma. Pošto je za poređenje kriterijuma i alternativa angažovan veći broj eksperata, njihove ocene su statistički obrađene i dobijene vrednosti prosečnih ocena su prilagođene Saaty-jevoj skali, sa vrednostima od 1-9. Na taj način kreirane su sledeće matrice poređenja.

Tabela 1. Matrica poređenja kriterijuma, predstavljena sa vrednostima Saaty-jeve skale

	BZR	ROI	Profit
BZR	1	1/5	3
ROI	5	1	7
Profit	1/3	1/7	1

Tabela 2. Matrica poređenja projekata (alternativa), predstavljena sa vrednostima Saaty-jeve skale, sa aspekta uticaja kriterijuma „Bezbednost i zdravlje na radu – BZR“

BZR	Cloud IioT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IioT platforma	1	3	1/2
Kontrola kvaliteta	1/3	1	1/7
Zamena kalupa	2	7	1

Tabela 3. Matrica poređenja projekata (alternativa), predstavljena sa vrednostima Saaty-jeve skale, sa aspekta uticaja kriterijuma „Povraćaj investicije ROI“

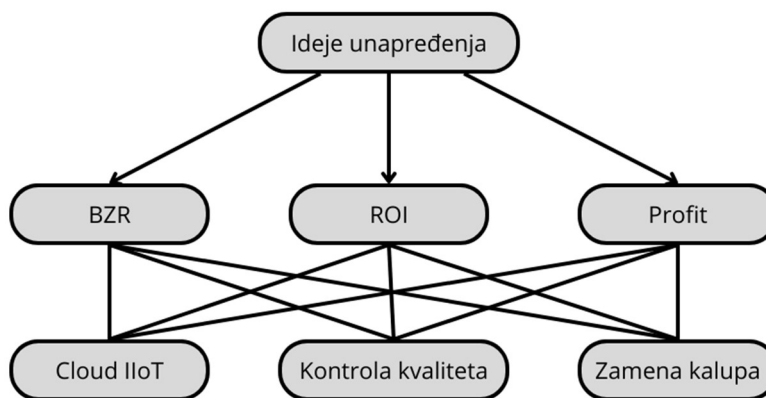
ROI	Cloud IioT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IioT platforma	1	2	1/3
Kontrola kvaliteta	1/2	1	1/8
Zamena kalupa	3	8	1

Tabela 4. Matrica poređenja projekata (alternativa), predstavljena sa vrednostima Saaty-jeve skale, sa aspekta uticaja kriterijuma „Očekivanog neto profita“

<i>Očekivani neto profit</i>	Zamena kalupa	Kontrola kvaliteta	Cloud IIoT platforma
Zamena kalupa	1	4	1/3
Kontrola kvaliteta	1/4	1	1/6
Cloud IIoT platforma	3	6	1

Rešenje

Sam nestruktuirani problem ovog primera je dat u tekstu zadatka. Takođe, očigledno je da je cilj ovog problema u pronalaženju optimalne strategije optimizacije procesa, izborom najadekvatnijeg projekta unapređenja poslovanja, od ponuđenih tri alternativa



Slika 1. Hijerarhijska struktura razmatranog problema

Kako bi se pristupilo ostalim stadijumima AHP analinze, u narednom koraku je neophodno izvršiti normalizaciju vrednosti u matrici poređenja kriterijuma (tabela 1). Kako bi se to uradilo, neophodno je odrediti sumu međusobnih ocena po kolonama (tabela 5).

Tabela 5. Određivanje suma međusobnih uticaja kriterijuma

	BZR	ROI	Profit
BZR	1	1/5	3
ROI	5	1	7
Profit	1/3	1/7	1
Suma:	6.33	1.34	11.00

Potom se normalizacija vrši tako što se svaka od vrednosti iz tabele poređenja kriterijuma podeli sa sumom svoje kolone (Tabela 6).

Tabela 6. Normalizacija vrednosti u tabeli poređenja kriterijuma

	BZR	ROI	Profit
BZR	$1/6.33 = 0.16$	$0.2/1.34 = 0.15$	$3/11 = 0.27$
ROI	$5/6.33 = 0.79$	$1/1.34 = 0.74$	$7/11 = 0.64$
Profit	$0.33/6.33 = 0.05$	$0.14/1.34 = 0.11$	$1/11 = 0.09$

Na osnovu normalizacije se određuje sopstveni vektor matrice poređenja, koji upravo predstavlja značaj predloženih kriterijuma (Tabela 7).

Tabela 7. Određivanje značaja predloženih kriterijuma

	BZR	ROI	Profit	Značaj kriterijuma
BZR	0.16	0.15	0.27	$= (0.16 + 0.15 + 0.27) / 3 = 0.19$
ROI	0.79	0.74	0.64	$= (0.79 + 0.74 + 0.64) / 3 = 0.72$
Profit	0.05	0.11	0.09	$= (0.05 + 0.11 + 0.09) / 3 = 0.08$

Pre nego što se pristupi daljem proračunu, u smislu normalizacije matrica poeđenja projekata, i određivanja njihovog značaja, na osnovu sva tri kriterijuma, potrebno je proveriti stepen konzistentnosti poređenja koje je urađeno za kriterijume u Tabeli 1.

Stepen konzistentnosti se izračunava pomoću obrasca:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (1.1)$$

Gde je CI indeks konzistentnosti, koji se izračunava pomoću obrasca:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} \quad (1.2)$$

λ_{max} predstavlja maksimalnu sopstvenu vrednost matrice poređenja kriterijuma, i određuje se na sledeći način:

	BZR	ROI	Profit		Značaj kriterijuma
BZR	1	1/5	3	*	0.19
ROI	5	1	7		0.72
Profit	1/3	1/7	1		0.08

Odnosno:

$$1 * 0.19 + 1/5 * 0.72 + 3 * 0.08 = 0.588$$

$$5 * 0.19 + 1 * 0.72 + 7 * 0.08 = 2.273$$

$$1/3 * 0.19 + 1/7 * 0.72 + 1 * 0.08 = 0.251$$

Dalje:

$$0.588 / 0.19 = 3.043$$

$$2.273 / 0.72 = 3.141$$

$$0.251 / 0.08 = 3.014$$

$$\text{Te je } \lambda_{max} = (3.043 + 3.141 + 3.014) / 3 = 3.066$$

Kada bi λ_{max} bilo jednako 3 (odnosno $\lambda_{max} = n$), značilo bi da poređenje kriterijuma ima potpuno konzistentnost. Pri čemu n-predstavlja red matrice poređenja, i u ovom slučaju je n=3. Samim time, sada je moguće izračunati CI, na osnovu obrasca (1.2):

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{3.066-3}{3-1} = 0.033$$

RI iz obrasca (1.1) predstavlja indeks slučajnosti (Random Index) i on se određuje na osnovu Saaty-jeve tablice, Tabela 8.

Tabela 8. Određivanje RI na osnovu reda matrice poređenja (n)

n - red matrice poređenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

U ovom slučaju, n=3, te je RI = 0.58. Samim time, sada je moguće izračunati stepen konzistentnosti:

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.033}{0.58} = 0.057$$

Da bi se poređenje smatralo konzistentnim, neophodno je da je $CR < 0.10$. Za slučaj kada bi CR bilo > 0.10 , bilo bi neophodno izvršiti delimičnu korekciju poređenja ili ponoviti celokupni proces sakupljanja mišljenja eksperata.

Kako je u ovom slučaju CR na zadovoljavajućem nivou, može se pristupiti drugom koraku – vredovanju projekata na osnovu značaja svakog od kriterijuma.

Krenuće se u proračun, na osnovu podataka datih u Tabeli 2, gde je izvršeno poređenja projekata (alternativa), sa aspekta uticaja kriterijuma „Posvećenost projektnog tima“.

Tabela 9. Određivanje suma međusobnih poređenja projekata, iz ugla kriterijuma „Posvećenost projektnog tima“

BZR	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	1	3	1/2
Kontrola kvaliteta	1/3	1	1/7
Zamena kalupa	2	7	1
Suma:	3.33	11	1.64

Tabela 10. Normalizacija vrednosti međusobnih poređenja projekata, iz ugla kriterijuma „Posvećenost projektnog tima“

BZR	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	0.30	0.27	0.30
Kontrola kvaliteta	0.10	0.09	0.09
Zamena kalupa	0.60	0.64	0.61

Tabela 11. Određivanje značaja predloženih projekata, , iz ugla kriterijuma „Posvećenost projektnog tima“

<i>BZR</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa	Značaj projekta
Cloud IIoT platforma	0.30	0.27	0.30	0.29
Kontrola kvaliteta	0.10	0.09	0.09	0.09
Zamena kalupa	0.60	0.64	0.61	0.62

Određivanje λ_{max} matrice poređenja projekata, sa aspekta kriterijuma „Posvećenost projektnog tima“ :

<i>BZR</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa	Značaj projekta
Cloud IIoT platforma	1	3	1/2	* 0.29
Kontrola kvaliteta	1/3	1	1/7	0.09
Zamena kalupa	2	7	1	0.62

$$1 * 0.29 + 3 * 0.09 + 1/2 + 0.62 = 0.877$$

$$1/3 * 0.29 + 1 * 0.09 + 1/7 * 0.62 = 0.278$$

$$2 * 0.29 + 7 * 0.09 + 1 * 0.62 = 1.848$$

Dalje:

$$0.877 / 0.29 = 3.002$$

$$0.278 / 0.09 = 3.000$$

$$1.848 / 0.62 = 3.005$$

$$\text{Te je } \lambda_{max} = (3.002 + 3.000 + 3.005) / 3 = 3.0026$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{3.0026 - 3}{3-1} = 0.0013$$

$$RI = 0.58$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0013}{0.58} = 0.002$$

Dalje je proračun potrebno ponoviti, na osnovu podataka datih u Tabeli 3, gde je izvršeno poređenja projekata (alternativa), sa aspekta uticaja kriterijuma „Povraćaj investicije - ROI“ .

Tabela 12. Određivanje suma međusobnih poređenja projekata, iz ugla kriterijuma „Povraćaj investicije - ROI“

<i>ROI</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	1	2	1/3
Kontrola kvaliteta	1/2	1	1/8
Zamena kalupa	3	8	1
Suma:	4.50	11	1.46

Tabela 13. Normalizacija vrednosti međusobnih poređenja projekata, iz ugla kriterijuma „Povraćaj investicije - ROI“

<i>ROI</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	0.22	0.18	0.23
Kontrola kvaliteta	0.11	0.09	0.09
Zamena kalupa	0.67	0.73	0.69

Tabela 14. Određivanje značaja predloženih projekata, , iz ugla kriterijuma „Povraćaj investicije - ROI“

<i>ROI</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa	Značaj projekta
Cloud IIoT platforma	0.22	0.18	0.23	0.21
Kontrola kvaliteta	0.11	0.09	0.09	0.10
Zamena kalupa	0.67	0.73	0.69	0.69

Određivanje λ_{max} matrice poređenja projekata, sa aspekta kriterijuma „Povraćaj investicije - ROI“ :

ROI	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa	Značaj projekta
Cloud IIoT platforma	1	2	1/3	* 0.21
Kontrola kvaliteta	1/2	1	1/8	0.10
Zamena kalupa	3	8	1	0.69

$$1 * 0.21 + 2 * 0.10 + 1/3 + 0.69 = 0.633$$

$$1/2 * 0.21 + 1 * 0.10 + 1/8 * 0.69 = 0.288$$

$$3 * 0.21 + 8 * 0.10 + 1 * 0.69 = 2.093$$

Dalje:

$$0.633 / 0.21 = 3.005$$

$$0.288 / 0.10 = 3.003$$

$$2.093 / 0.69 = 3.019$$

$$\text{Te je } \lambda_{max} = (3.005 + 3.003 + 3.019) / 3 = 3.009$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{3.009-3}{3-1} = 0.0046$$

$$RI = 0.58$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.0046}{0.58} = 0.008$$

U daljem proračunu, na osnovu podataka datih u Tabeli 4, vrši se poređenja projekata (alternativa), sa aspekta uticaja kriterijuma „Povraćaj investicije - ROI“ .

Tabela 15. Određivanje suma međusobnih poređenja projekata, iz ugla kriterijuma „Očekivani neto profit“

<i>Profit</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	1	4	1/3
Kontrola kvaliteta	1/4	1	1/6
Zamena kalupa	3	6	1
Suma:	4.25	11	1.50

Tabela 16. Normalizacija vrednosti međusobnih poređenja projekata, iz ugla kriterijuma „Očekivani neto profit“:

<i>Profit</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	0.24	0.36	0.22
Kontrola kvaliteta	0.06	0.09	0.11
Zamena kalupa	0.71	0.55	0.67

Tabela 17. Određivanje značaja predloženih projekata, iz ugla kriterijuma „Očekivani neto profit“

<i>Profit</i>	Zamena kalupa	Kontrola kvaliteta	Cloud IIoT platforma	Zamena kalupa
Cloud IIoT platforma	0.24	0.36	0.22	0.27
Kontrola kvaliteta	0.06	0.09	0.11	0.09
Zamena kalupa	0.71	0.55	0.67	0.64

Određivanje λ_{max} matrice poređenja projekata, sa aspekta kriterijuma „Očekivani neto profit“ :

<i>Profit</i>	Cloud IIoT platforma	Kontrola kvaliteta	Zamena kalupa	Značaj projekta
Cloud IIoT platforma	1	4	1/3	* 0.27
Kontrola kvaliteta	1/4	1	1/6	0.09
Zamena kalupa	3	6	1	0.64

$$1 * 0.27 + 4 * 0.09 + 1/3 + 0.64 = 0.835$$

$$1/4 * 0.27 + 1 * 0.09 + 1/6 * 0.64 = 0.262$$

$$3 * 0.27 + 6 * 0.09 + 1 * 0.64 = 3.100$$

Dalje:

$$0.835 / 0.27 = 3.049$$

$$0.262 / 0.09 = 3.012$$

$$3.100 / 0.64 = 3.100$$

$$\text{Te je } \lambda_{max} = (3.049 + 3.012 + 3.100) / 3 = 3.054$$

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1} = \frac{3.054-3}{3-1} = 0.027$$

$$RI = 0.58$$

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.027}{0.58} = 0.046$$

Na kraju, potrebno je formirati tabelu značaja alternativa i kriterijuma, za primer selekcije predloženih projekata (Tabela 18).

Tabela 18. Značajnost kriterijuma i njihov uticaj na selekciju predloženih projekata (alternativa)

Kriterijumi značajni za selekciju	Značajnost kriterijuma	Predloženi projekti (alternative)	Lokalna značajnost projekata	Sveukupna značajnost projekata
Bezbednost i zdravlje na radu - BZR	0.19	Uvođenje Cloud IIoT platforme.	0.29	0.051
		Automatizacija kontrole kvaliteta	0.09	0.0171
		Automatizovanje zamene kalupa tokom proizvodnje	0.62	0.1178
Povraćaj investicije – ROI	0.72	Uvođenje Cloud IIoT platforme.	0.21	0.1512
		Automatizacija kontrole kvaliteta	0.10	0.072
		Automatizovanje zamene kalupa tokom proizvodnje	0.69	0.4968
Očekivani neto profit projekta	0.08	Uvođenje Cloud IIoT platforme.	0.27	0.0216
		Automatizacija kontrole kvaliteta	0.09	0.0072
		Automatizovanje zamene kalupa tokom proizvodnje	0.64	0.0512

Na osnovu tabele 18. očigledno je da je najbolje ocenjena ideja, na osnovu mišljenja eksperata, automatizacija zamene kalupa tokom proizvodnje . Ova ideja je najbolje rangirana iz ugla sva tri. Ukoliko bi se napravio redosled sveukupnog značaja projekta, dobio bi se sledeći niz:

Zamena kalupa iz ugla ROI: 0.4968 → Cloud IIoT iz ugla ROI: 0.1512 → Zamena kalupa iz ugla BZR: 0.1178 → Kontrola kvaliteta iz ugla ROI: 0.072 → Zamena kalupa iz ugla Profita: 0.0512 → Cloud IIoT iz ugla BZR: 0.051 → Cloud IIoT iz ugla Profita: 0.0216 → Kontrola kvaliteta iz ugla BZR: 0.0171 → Kontrola kvaliteta iz ugla Profita: 0.0072