



PRIMENA HIBRIDNOG SWOT-AHP/FAHP MODELA U DEFINISANJU STRATEGIJA
UPRAVLJANJA NASLEĐENIM SISTEMOM: STUDIJA SLUČAJA

THE IMPLEMENTATION OF THE HYBRID SWOT-AHP/FAHP MODEL IN DEFINING
THE LEGACY SYSTEM MANAGEMENT STRATEGIES: A CASE STUDY

Dušan Bogdanović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – INFORMACIONI SISTEMI

Kratik sadržaj – u ovom radu izvršena je SWOT analiza različitih tehničko-tehnoloških aspekata nasleđenog sistema Panis, softverske kompanije PanonIT, a s ciljem daljeg unapređenja istog. Naime, primenom AHP i Fuzzy AHP metodologije omogućeno je generisanje i prioritizacija alternativnih strategija koje bi se mogle smatrati najefikasnijim u procesu upravljanja datim nasleđenim sistemom.

Ključne reči: nasleđeni sisemi, SWOT-AHP/FAHP, Fuzzy logika, Panis, PanonIT

Abstract – in this paper, the SWOT analysis of various technical and technological aspects of the legacy system Panis of the PanonIT software company was carried out with a view to the further developing of this system. The implementation of the AHP and Fuzzy AHP methodology provided the generation and prioritization of the alternative strategies, which could be considered the most effective in the process of managing the mentioned legacy system.

Keywords: legacy systems, SWOT-AHP/FAHP, Fuzzy logic, Panis, PanonIT

1. UVOD

Termin nasleđenih sistema (*Legacy Systems*) prvi put se u naučnoj literaturi pojavljuje 1990. godine i objašnjava kao pojam koji se odnosi na prethodne, ili zastarele računarske sisteme [1]. Naime, nasleđenim sistemom smatra se svaki sistem koji je zasnovan na zastareloj (*outdated*) tehnologiji, pa čak iako sistem kao takav odoleva promenama koje s vremenom i s daljim razvojem informacionih tehnologija dolaze. Ipak, nasleđenim sistemom smatra se i svaki sistem koji na bilo koji način, iako funkcionalan, utiče na ekonomsku isplativost svog daljeg korišćenja i održavanja [2].

Problem istraživanja ovog rada vezuje se za nepostojanje strateških rešenja upravljanja nasleđenim sistemom Panis, softverske kompanije PanonIT. Sa druge strane, *cilj* ovog rada jeste dobijanje autoputa u vidu generisanih i prioritizovanih alternativnih strategija upravljanja informacionim sistemom Panis, na način gde bi se SWOT analizom sagledale njegove *snage*, *slabosti*, *šanse* i *pretnje*, a kako bi se u nastavku, izvođenjem TOWS matrice i primenom AHP metode (*Analytical hierar chy process*) došlo do takvog rasporeda implementacije generisanih strategija, gde bi one imale pozitivne uticaje na rast i razvoj sistema.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Srđan Sladojević, vanr. prof.

Posebna važnost pridaje se i primeni *Fuzzy* logike, kojom se nadograđuje postojeći klasični AHP metodološki okvir u *Fuzzy* AHP, s ciljem da se dobiju objektivniji i relevantniji rezultati.

Stoga, celokupna metodologija imala je za cilj da obezbedi dobijanje strategija koje mogu doprineti tome da nasleđeni sistem Panis bude uvršten u strateške okvire budućeg razvoja kompanije PanonIT, uz jasno definisane okvire i redosled implementacije spomenutih strategija. Svakako da se alternativne opcije mogu prilagođavati okolnostima u kojima će se privredno društvo u budućnosti naći, što uključuje i njihovu nadogradnju i promenu redosleda primene u zavisnosti od procene rukovodstva.

2. METODOLOGIJA

2.1. SWOT analiza

SWOT analiza iskorišćena u ovom radu predstavlja kombinovanu analizu internih i eksternih uticajnih faktora kojima se omogućava dobijanje odgovora na pitanje u kakvom se stanju nalazi analizirani nasleđeni sistem, tj. koje su mu glavne *prednosti* (*Strengths*) i najveći *nedostaci* (*Weaknesses*), kakve ga *pretnje* (*Threats*) vrebaju i kakve *šanse* (*Opportunities*) ima u procesu daljeg napretka i razvoja [3].

Sama metodologija celokupne SWOT analize sastoji se iz nekoliko osnovnih koraka, koji su sprovedeni i u ovom istraživanju [4]:

1. Definisavanje SWOT matrice i identifikovanje podfaktora u okviru svakog SWOT faktora;
2. Rangiranje podfaktora primenom Likertove petostepene skale uz određivanje težinskih koeficijenata svakog od elemenata;
3. Redukovanje SWOT matrice putem ABC analize i generisanje potencijalnih strategija;
4. Definisavanje strategijskih opcija kroz izradu TOWS matrice;
5. Prioritizacija strategija uz primenu odgovarajućeg višekriterijumskog modela.

TOWS matrica predstavlja varijaciju SWOT analize. U njoj se identifikuju različiti podfaktori, koji se zatim udružuju (npr. podfaktori šansi sa snagama), s namerom formulisanja odgovarajućih strategija kojima se želi rešiti određeni problem [5].

2.2. AHP metoda

Analitički hijerarhijski proces (AHP) jedna je od najpoznatijih višekriterijumskih metoda razvijenih od

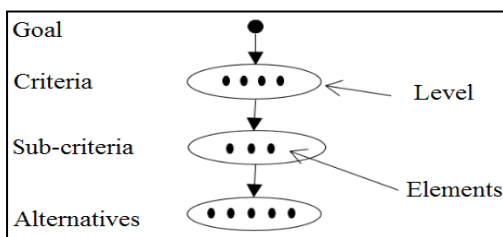
strane Tomasa Satija (*Thomas Saaty*) 1980. godine. U pitanju je metod koji posredstvom svoje hijerarhijske ustrojenosti obezbeđuje mogućnost rangiranja alternativa prema precizno definisanim kriterijumima i potkriterijumima.

Inače, analitički hijerarhijski proces intuitivan je metod za formulisanje i analiziranje odluka, baziran na hijerarhijskoj problematici strukturiranja i poređenja parova odlučivanja posredstvom primene Satijeve devetostepene skale za komparaciju (Slika 1) [6].

Numerical scale	Verbal scale
1	Equal importance
3	Moderate importance
5	Strong importance
7	Very strong importance
9	Extreme importance
2,4,6,8	Intermediate values

Slika 1. Satijeva devetostepena skala [7]

Sa druge strane, na Slici 2 prikazana je AHP hijerarhijska struktura sa različitim nivoima između čijih elementata se vrše komparacije parova putem matrica poređenja i proračuna vektora prioriteta.



Slika 2. AHP hijerarhijska struktura [8]

Celokupna procedura implementacije AHP metodologije bazirane na Jukselovom *matričnom* pristupu za selekciju generisanih strategija sprovedena je kroz nekoliko koraka:

1. Identifikovanje SWOT podfaktora i određivanje strategija
2. Izračunavanje težinske matrice w_1 poređenjem SWOT faktora u odnosu na cilj
3. Izračunavanje lokalne težinske matrice $W_{SWOTsubcriteria(local)}$ kojom se dobijaju lokalne težine potkriterijuma (S1, S2, itd.) u odnosu na SWOT kriterijume (S, W, O, T)
4. Ponderisanje lokalnih težina i proračun globalnog značaja SWOT potkriterijuma - W_3
5. Određivanje matrice težinskog značaja strategija poređenjem alternativa i potkriterijuma
6. Određivanje sveukupnog značaja alternativnih strategija u modelu.

2.3. Fuzzy skupovi, Fuzzy brojevi i Fuzzy AHP metoda

Teorija *Fuzzy* skupova matematička je teorija razvijena od strane Zadeha 1965. godine [9] i razmatra se kao neizvesnost i nepreciznost vezana za informacije u realnim sistemima, te osobito pri ljudskim kognitivnim procesima kod kojih dolazi do neizvesnosti i neodređenosti rasuđivanja donosioca odluke [10].

Fuzzy skupovi predstavljaju skupove bez oštih, jasno definisanih granica, te stoga mogu sadržati i samo elemente sa parcijalnim stepenom pripadnosti. Svaki skup

sadrži brojeve u intervalu od 0 do 1 i predstavlja proširenje jasno definisanog skupa. Jasno definisani skupovi dozvoljavaju punopravno članstvo elemenata, ili ne, dok *Fuzzy* skupovi daju mogućnost delimičnog članstva [10].

Među najkorišćenijim *fuzzy* brojevima jesu tzv. trougularni brojevi (engl. *Triangular Fuzzy Numbers* - TFN). Ovakvi brojevi primenjivi su sa osnovnom pretpostavkom da mogu adekvatno predstaviti korišćene *fuzzy* lingvističke varijable [10].

Klasičan proces primene AHP metode u nekim situacijama može biti problematičan s obzirom na to da koristi egzaktne vrednosti da iskaže ocene u procesu komparacije parova kriterijuma, potkriterijuma, ili alternativa [11]. U tu svrhu razvijen je *Fuzzy Analitički hijerarhijski proces* (skr. FAHP), kojim se prisutna nepreciznost i neizvesnost može otkloniti. Fazifikacija AHP modela u ovom radu uz jasno sagledavanje vrednosti komparacije parova izvršena je putem trougularnih *fuzzy* brojeva (TFN) do kojih se dolazi prevođenjem celobrojnih vrednosti Satijeve devetostepene skale, kao što je dato na Slici 3.

Slika 3. Fazifikovana Satijeva skala [10]

Lingvističke varijable za Saaty-jevu skalu od 1 do 9	Saaty-jeva ocena	Pozitivni trougularni fazi brojevi	Pozitivni recipročni trougularni fazi brojevi
Podjednako značajno	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Međuvrednost	2	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
Neznatno značajno	3	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
Međuvrednost	4	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Jako značajno	5	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
Međuvrednost	6	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Veoma značajno	7	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
Međuvrednost	8	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Apsolutno značajno	9	(9,9,9)	(1/9,1/9,1/9)

Da bi se na kraju dobile adekvatne vrednosti neophodno je izvršiti defazifikaciju TFN-ova. Metoda koja je primenjena u procesu defazifikacije u ovom radu jeste *centroid metoda*, predložena od strane profesora Opricovića i Cenga [12], a koja podrazumeva da su dobijene egzaktne vrednosti zasnovane na centru teže:

$$gm(\tilde{A}) = \frac{l+m+u}{3} \quad (1)$$

3. REZULTATI

3.1. SWOT analiza i generisanje strategija

U nastavku data je SWOT analiza sa identifikovanim podfaktorima. Na osnovu analize internih i eksternih faktora definisani su osnovni podfaktori koji se smatraju značajnim za sam nasleđeni sistem Panis i koji će biti ključni u daljem formulisanju strategija.

a) Snage (S)

1. *User friendly* UI (S1)
2. Obezbeđuje jednostavnu i laku komunikaciju HR službe i rukovodstva sa zaposlenima (S2)
3. Podržava automatsko generisanje izveštaja u *Excel* i PDF formatu (S3)
4. Obezbeđuje evidenciju prisutnosti i odsutnosti kadrova, projekata na kojima su radili i radnih zadataka (S4)
5. Razvijen sistem u *ASP.NET Core* tehnologiji (S5)

6. Usled fleksibilnosti tehnologije podržani su dalji *upgrade*-ovi na bilo kom OS-u: *Windows-u*, *Linux-u*, ili *MacOS-u* (S6)
7. Kvalitetan *Database Backup Service* (S7)

b) Slabosti (W)

1. Zasnovan na *Entity Framework – Database first* (W1)
2. ORM pri složenijim upitima usporava celokupan sistem (W2)
3. Razvijen je od strane nekvalitetnih programera, koji posve nemaju ranijih iskustava (W3)
4. Sistem služi da se na njemu uče početnici na stručnoj obuci (W4)
5. Timovi na razvoju sistema ponekad ne pribegavaju implementaciji *unmanaged code-a* što često dovodi do *Memory Leak-a* (W5)
6. *Alert* i druge poruke za krajnjeg korisnika, ali i za programera nisu deskriptivnog karaktera (W6)
7. UI (*User Interface*) nije *responsive* (W7)
8. Nepostojanje adekvatnog sistema zaštite i *backend* provere aktivnosti korisnika pri unošenju podataka i pri samom radu na Panisu (W8)
9. Trenutno nekomercijalan sistem (W9)

c) Šanse (O)

1. Mogućnost izvršavanja u *Docker-u*, koji se može generisati za *Linux*, što bi obezbedilo platformsku nezavisnost sistema (O1)
2. Implementacija *Plugin-a* za automatsko mapiranje tabela u bazi zarad direktnog smeštanja podataka iz fajlova (O2)
3. Podela na *frontend* i *backend* u cilju obezbeđivanja nezavisne konzumacije *backend-a* (O3)
4. Prelazak *frontend-a* na Angular 8 (O4)
5. Razvoj *responsive* UI (O5)
6. Komercijalizacija sistema (O6)
7. Brojni izvori finansijskih sredstava i subvencija za stabilno finansiranje daljeg razvoja informacionog sistema Panis (O7)

d) Pretnje (T)

1. Usled nepostojanja adekvatnog sistema zaštite može doći do zloupotreba trećih lica (T1)
2. Generisanje lažnih realizacija i izveštaja o radu zaposlenih usled nedostatka *backend* provera (T2)
3. Nastavak prakse obučavanja neiskusnih programera/početnika na razvoju sistema, što može dovesti do pojavljivanja novih funkcionalnih problema (T3)
4. Usled rasta kompanije, primetno je da ljudski kapaciteti neophodni za postojanje Panis tima polako opadaju (T4)
5. Brz razvoj biznisa drugih kompanija sa sličnim sistemima i novijim tehnologijama (T5)
6. Rizik od ulaganja u razvoj Panisa u kontekstu prihvatanja proizvoda od strane kupaca (T6)

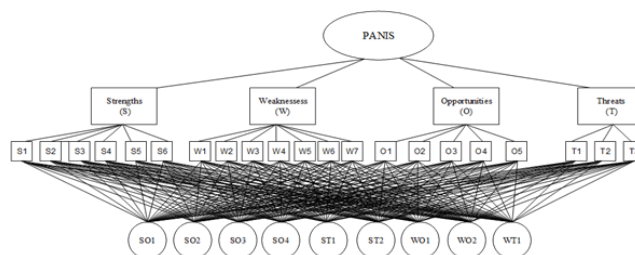
Na osnovu predočene SWOT analize i primene TOWS metodologije koja se temelji na kombinaciji *snaga*, *slabosti*, *šansi* i *pretnji*, izvršeno je generisanje potencijalnih strategija upravljanja nasleđenim sistemom: **SO1** → *Strategija razvoja kvalitetnog i responsive UI-a* (S1O5); **SO2** → *Strategija nezavisne konzumacije backend-a* (S5O3); **SO3** → *Strategija razvoja proizvoda*

(S6O2); **SO4** → *Strategija platformske nezavisnosti sistema* (S6O1); **ST1** → *Strategija razvitka sistema zaštite* (S6T1); **ST2** → *Strategija prevencije u generisanju neodgovarajućih izveštaja rada* (S6T2); **WO1** → *Strategija automatskog mapiranja tabela i ubrzanja ORM-a za smeštaj podataka iz fajlova* (W2O2); **WO2** → *Strategija podele frontend-a i backend-a* (W8O3); **WT1** → *Strategija ekspanzije kadrovskih kapaciteta* (W3T4).

3.2. Vrednosti rezultata primene AHP/FAHP metode

Prioritizacija generisanih strategija izvršena je primenom AHP metode uz dodatak validacije u *Fuzzy* AHP okruženju [13]. Primenjena procedura implementacije AHP/FAHP metode za selekciju strategija izvršena je na sledeći način [5]:

1) Razvijanje AHP/FAHP strukture



Slika 4. Razvijena hijerarhijska AHP/FAHP struktura modela

2) Sveukupni prioritet razmatranih strategija

U drugom koraku najpre su izvršena *poređenja parova kriterijuma SWOT grupe* (*S*, *W*, *O* *T*) u odnosu na cilj koji se želi postići. Potom, izvršeno je *poređenje svakog SWOT potkriterijuma* (*S1*, *S2*, itd.) u odnosu na pripadajući *SWOT kriterijum* i konačno, na kraju, izvršeno je *poređenje svake strategije u odnosu na svaki potkriterijum*.

Iako je sprovedeni Jukselov postupak identičan i kod AHP i kod FAHP pristupa, razlika je u tome da se kod *Fuzzy* AHP metode vrednosti proračuna ne zasnivaju na egzaktnim, već na *triangularnim fuzzy brojevima*.

Stoga, *sveukupni prioritet razmatranih strategija* u klasičnoj *AHP metodi* proračunat je kao proizvod težinskih koeficijenata poređenih strategija u odnosu na potkriterijume (w_3) i globalnog značaja potkriterijuma ($W_{SWOTsubfactors(global)}$).

$$W_{(AHP)alternatives} = w_3 \cdot W_{SWOTsubfactors(global)} = \begin{bmatrix} 0.05421 \\ 0.11829 \\ 0.16816 \\ 0.12672 \\ 0.07604 \\ 0.09051 \\ 0.13111 \\ 0.20017 \\ 0.03479 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Sa druge strane, sveobuhvatni *fuzzy* prioritet alternativnih strategija u FAHP metodi definisan je sledećom $\tilde{W}_{alternatives fuzzy}$ matricom, a sam postupak njenog proračuna dat je u nastavku i identičan je onom koji je primenjen pri celobrojnim vrednostima.

Takođe, finalna prioritizacija u FAHP metodologiji dobijena je prevođenjem triangularnih *fuzzy* brojeva iz $\tilde{W}_{alternatives}$ matrice u egzaktno vrednosti (eng. *crisp values*), i to primenom već pomenute *centroid metode* defazifikacije.

$$\tilde{W}_{(FAHP)alternatives} = \tilde{W}_3 \cdot \tilde{W}_{SWOTsubfactors(global)} =$$

$$= \begin{bmatrix} 0.06592 & 0.05760 & 0.05361 \\ 0.11457 & 0.12053 & 0.12275 \\ 0.15306 & 0.16556 & 0.16959 \\ 0.11428 & 0.12331 & 0.12816 \\ 0.08142 & 0.06728 & 0.05996 \\ 0.09449 & 0.08805 & 0.08468 \\ 0.13685 & 0.13171 & 0.12937 \\ 0.17314 & 0.19545 & 0.20964 \\ 0.06627 & 0.05051 & 0.04223 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{bmatrix} SO1 \\ SO2 \\ SO3 \\ SO4 \\ ST1 \\ ST2 \\ WO1 \\ WO2 \\ WT1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.05904 \\ 0.11928 \\ 0.16273 \\ 0.12192 \\ 0.06956 \\ 0.08907 \\ 0.13264 \\ 0.19274 \\ 0.05300 \end{bmatrix} \quad (3)$$

3) Evaluacija dobijenih rezultata primene AHP/FAHP metode

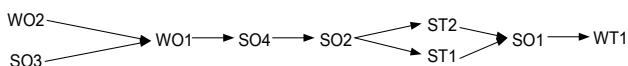
U poređnom analizom jasno se može zaključiti da je redosled u prioritizaciji primenom i AHP i FAHP metodologije identičan. Dobijeni rezultati ukazuju da je na osnovu SWOT-AHP/FAHP metodologije definisana prioritizacija alternativnih opcija dobijena u sledećem opadajućem nizu:

WO2 → SO3 → WO1 → SO4 → SO2 → ST2 → ST1 → SO1 → WT1

Time se da zaključiti da je *Strategija podele frontend-a i backend-a* sa najvećom težinom, te da je ona prva koju bi kompanija trebalo detaljno da razradi i implementira.

4. ZAKLJUČAK

Dobijena rang lista strateških opcija jasno ukazuje na moguće pravce upravljanja nasleđenim informacionim sistemom Panis na način da se kompanija PanonIT može usredsrediti na ciljeve koji se na bazi svake od strategija mogu definisati. U saradnji sa rukovodstvom kompanije PanonIT definisan je potencijalni redosled sprovođenja strategija počevši od najprioritetnije, što je i dato na Slici 5.



Slika 5. Redosled sprovođenja strategija upravljanja nasleđenim sistemom Panis

Treba reći i to da je lista uočenih tehničkih nedostataka posmatranog informacionog sistema proširiva, te da je u planu autora da u saradnji sa kompanijom PanonIT nastavi sa procenom i detaljnijim ispitivanjem sistema, a kako bi konačan rezultat bilo još realniji i realnije oslikavao stvarno stanje sistema.

5. LITERATURA

- [1] M.G. Fahmideh et al., "Challenges in migrating legacy software systems to the Cloud - An empirical study", *Information Systems*, Vol. 67(1), pp. 100–113, 2017.
- [2] H. Sneed, "Integrating legacy software into a service-oriented architecture", International Conference on Software Maintenance and Reengineering, Bari, pp. 11-14, 2006
- [3] Đ. Đelić, „SWOT i PEST analiza“, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 2004
- [4] D. Bogdanović et al., "The implementation of the hybrid SWOT-AHP model in the case of strategic decision making in the informatics industry: A case study", International May Conference on Strategic Management, Bor, pp. 790-813, 2018
- [5] Ž. Živković, Đ. Nikolić, „Osnove matematičke škole strategijskog menadžmenta“, Tehnički fakultet, Bor, 2016
- [6] P. Mimović, A. Krstić, "The integrated application of the AHP and the DEA methods in evaluating the performances of higher education institutions in the Republic of Serbia", *Economic Horizons*, Vol. 18(1), pp. 73-86, 2016
- [7] A.P. Campos, R.C. Souza, "Defining a quality index for electric power utilities using multiple criteria decision support and time series analysis", *Gestão & Produção*, Vol. 20(1), pp. 1 – 12, 2013
- [8] J.L. Da Silveira Guimarãesa, V. Salomon, "ANP applied to the evaluation of performance indicators of reverse logistics in footwear industry", ITQM, Rio de Janeiro, pp. 139 – 148, 2015
- [9] L. Zadeh, "Fuzzy sets", *Information Control*, Vol. 8(3), pp. 338-353, 1965
- [10] D. Bogdanović et al., "The implementation of hybrid ABC – ANP model in the case of decision making in food processing industry", *Engineering management*, Vol. 4(1), pp. 7-35, 2017
- [11] T.C. Wang, Y.H. Chen, "Applying consistent fuzzy preference relations to partnership selection", *Omega*, Vol. 35(4), pp. 384-388, 2007
- [12] O. Opricović, G.H. Tzeng, "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS", *European Journal of Operational Research*, Vol. 156(2), pp. 445–455, 2004
- [13] L. Shahmoradi et al. "Electronic Health Record Implementation: A SWOT Analysis", *Acta Medica Iranica*, Vol. 55(10), pp. 642–649, 2017

Kratka biografija:



Dušan Bogdanović rođen je u Boru 1995. godine. Završio je Ekonomsko-trgovinsku školu u Boru i osnovne akademske studije na Tehničkom fakultetu u Boru. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Inženjerstva informacionih sistema odbranio je 2020. godine.

Kontakt: dbogdanovic@uns.ac.rs