

MODELOVANJE PROCESA TEHNOLOŠKOG PREDVIĐANJA KAO USLOVA STRATEŠKOG TEHNOLOŠKOG PLANIRANJA

Aleksandra Barbulović

*Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Odsek za inženjerski menadžment
Bor, Srbija*

Izvod

Doba u kojem živimo, poslovno okruženje karakterišu brojne promene i sve brži razvoj. Kada se govori o tehnologijama, promene su još izraženije i dinamičnije. Kako bi poslovanje bilo uspešno, neophodna aktivnost kompanija je strateško tehnološko planiranje, a kao preduslov ove aktivnosti moraju se vršiti tehnološka predviđanja kao kontinuiran proces. Međutim, praksa pokazuje da vrlo mali broj kompanija sprovodi ovakve aktivnosti, ili to bar ne čini na adekvatan način. Kompanije moraju biti sposobne da identifikuju tehnologiju koja im je potrebna, pristupe tehnološkim opcijama i da integrišu nove tehnologije u svoje proizvodne procese. Predviđanja su korisna jer nam omogućavaju planiranje, ali da bi se formirali dobri planovi potrebno je znati verovatne moguće ishode. U radu su objašnjeni osnovni pojmovi vezani za tehnologiju i proces tehnoloških predviđanja, metode i alate tehnoloških predviđanja, kao i elemente procesa tehnoloških predviđanja. Predstavljeni su rezultati istraživanja sprovedenog u većem broju kompanija koje posluju na teritoriji Republike Srbije. Statistička obrada prikupljenih podataka izvršena je upotrebom softverskog paketa SPSS 18.0, dok je kreiranje strukturnog modela procesa tehnoloških predviđanja obavljeno korišćenjem softverskog paketa LISREL 8.80.

Ključne reči: Tehnološka predviđanja, Strukturno modelovanje, Strateško tehnološko planiranje

1. UVOD

Današnji tehnološki razvoj i globalna konkurencija zahteva od organizacija da predstavljaju nove proizvode ili da postojeće unaprede kako bi preživeli. Brzi tehnološki razvoj u oblasti visoke tehnologije takođe otežava konkurentnost zbog toga što je tehnološki napredak skratio životni ciklus mnogih proizvoda. Od velike važnosti za organizaciju je da predoseti kada je vreme za prelazak sa postojeće na novu tehnologiju. Prvi korak u donošenju poslovnih odluka u procesu odlučivanja treba da bude predviđanje. Preduzeća teže ka tome da budu prva u svojoj oblasti poslovanja koja će prihvatiti novu tehnologiju i optimalno je iskoristiti, i time sebi stvoriti bolju tržišnu poziciju u odnosu na konkurenciju. Uslov za efikasno upravljanje dinamikom tehnoloških inovacija je smanjenje poslovne neizvesnosti i jasnije sagledavanje odnosa između uticajnih faktora. Promene koje su za rezultat dale pojavu informacionih tehnologija i savremene proizvodne tehnologije povećale su potrebu za primenom tehnološkog predviđanja. Tehnologija se posmatra kao sredstvo za postizanje konkurentne prednosti i za identifikovanje i pronalaženje odgovarajućih poslovnih niša. Tehnologija je jedan od najvažnijih elemenata i omogućava kompanijama da dođu do značajnog prihoda u konkurentnom okruženju. Čak i kada kompanija dominira na tržištu na osnovu tehnoloških prednosti koje poseduje, trebalo bi da nastavi sa razvojem tehnologije, kako bi i dalje pružala dominantne usluge ili proizvode, usvajajući tehnološke promene iz okruženja. Stoga, kompanije koje se nalaze u konkurentnom okruženju i

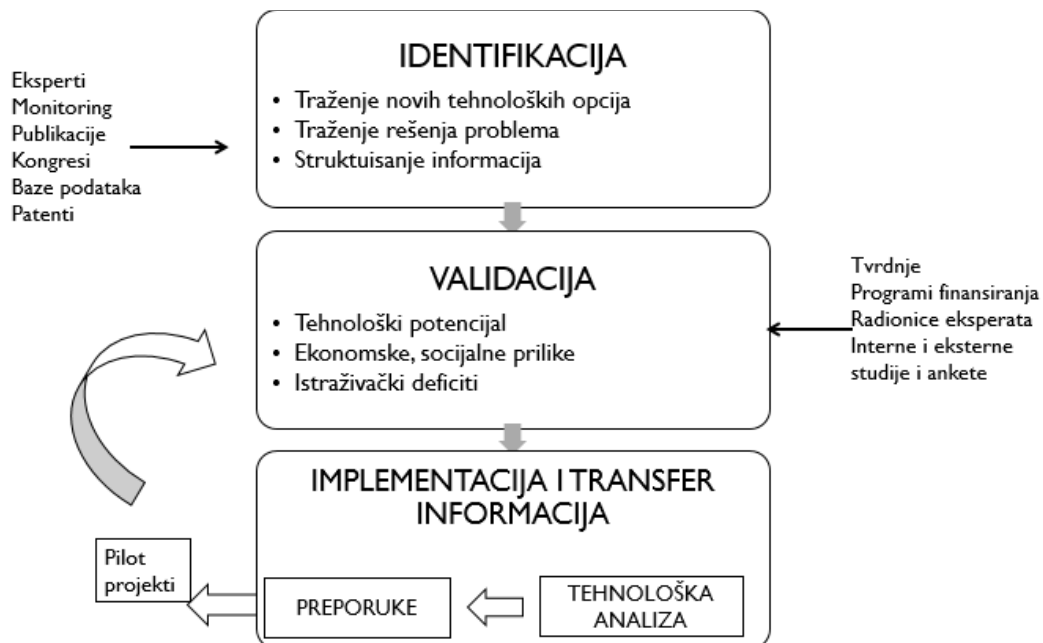
zahtevaju razvoj novih proizvoda ili usluga, moraju stalno da prikupljaju informacije o novim tehnologijama. Uloga tehnologije kao izvora građenja konkurentne prednosti je važna, ne samo u proizvodnim industrijama, već i u uslužnim. Usluge se nalaze u samom središtu ekonomske aktivnosti društava i blisko su povezane sa drugim sektorima privrede. Procena budućih prilika i pretnji predstavlja ozbiljnu brigu menadžmenta kompanije. Ako preduzeće želi da opstane, mora biti spremno da se brzo prilagodi zahtevima budućnosti, mora da pokuša da predvidi do određenog nivoa želje i potrebe kupaca i zahteve internih procesa (Miller & Swinehart, 2010; Jahanbin et al., 2013).

Cilj ovog rada je formiranje modela procesa tehnoloških predviđanja kao uslova za strateško tehnološko planiranje kao i ispitivanje uticaja pojedinih faktora predviđanja na ukupno poslovanje kroz definisanje i testiranje adekvatnih hipoteza.

2. TEORIJSKI OKVIR ISTRAŽIVANJA

2.1. Strateško tehnološko planiranje i tehnološko predviđanje

Tehnološko predviđanje se može definisati kao aktivnost koja obuhvata skup metoda probabilističke procene budućeg razvoja tehnike i tehnologije i odgovara na pitanja kao što su vreme potrebno za neku inovaciju ili širenje postojeće tehnologije, kadar neophodan za inovaciju kao i materijalni resursi, krajni efekti inovacije i početni uslovi neophodni da bi se ostvarila inovacija i njena difuzija kasnije (Vrcelj et al., 1973). Na Slici 1 prikazane su faze procesa predviđanja.



Slika 1. Faze predviđanja (Zweck et al., 2008)

Uloga predviđanja je da opiše dostupne alternative onome koji planira. Predviđanje informiše planera o mogućim destinacijama, rutama do tih destinacija i relativnu udaljenost ili teškoću svake rute. Predviđanje ne nameće specifične izbore planeru, umesto toga ono ih samo definiše. Bitna stvar u vezi tehnoloških predviđanja je da obezbeđuje informacije o tehnološkim alternativama, opcijama i posledicama. Tehnološka predviđanja su bitna u razvoju planova koji uključuju razvoj nove tehnologije ili kreiranje tehnoloških opcija. S obzirom da je jedan od osnovnih ciljeva procesa planiranja da se ublaže i smanje

neizvesnosti i rizici koje donose buduće aktivnosti i događaji, proces planiranja obuhvata i predviđanje budućih stanja i događaja. Predviđanje omogućava da se definišu ciljevi, što je jedan od glavnih zadataka procesa planiranja.

Na strateškom nivou planiranja, tehnološka predviđanja se koriste za kreiranje bolje osnove selekcije strategije. Na taktičkom nivou tehnološka predviđanja uključuju probabilistički pristup budućeg tehnološkog transfera. Na nivou politike, tehnološka predviđanja se više fokusiraju na osnove, naučno-tehnološke potencijale i ograničenja. Kompanije moraju biti spremne za integraciju tehnološkog planiranja i strateškog planiranja kako bi se izborili sa tehnološkom evolucijom. Menadžeri iz oblasti istraživanja i razvoja moraju zajedno raditi kako bi formulisali i primenili tehnologiju i strateške planove. Tehnološka predviđanja igraju ključnu ulogu u razvoju tehnološkog plana. Tehnološka predviđanja su podjednako važna i za troškovno vođstvo i za strategiju diferencijacije. Tehnološka predviđanja omogućavaju identifikaciju oblasti istraživanja u toku procesa planiranja. Tehnološka predviđanja se mogu posmatrati kao kritični korak u planiranju tehnologije i poslovanja kako bi se predvidele i implementirale tehnološke promene u organizaciji, uz razmatranje razvoja novog proizvoda, proizvodnje i marketinga. Značajno je strukturisati proces tehnološkog planiranja, jer taj proces pomaže organizaciji da identifikuje konkurentsku prednost, na taj način što se stvara slika o tome koja je uloga istraživanja i razvoja u stvaranju poslovnog uspeha (Fusfeld, 1989; Martino, 1993; Cudanov et al., 2010).

2.2. Inovacija i konkurentnost

Inovacije su opšte prihvaćene kao ključni faktor za konkurentnost organizacija. Ta važnost je naglašena kroz povećanu globalnu konkurentnost, skraćivanje životnog ciklusa proizvoda, promenljivi zahtevi kupaca i dr. Za opstanak i napredak malih i srednjih preduzeća od velike važnosti je razvoj novih proizvoda i usluga. Treba razlikovati inovaciju od invencije, jer je invencija samo ideja koja kada se transformiše u praktičnu upotrebu postaje inovacija. Inovativnost se reprezentuje u obliku novog proizvoda, procesa ili sistema. Inovacije mogu biti tehničke i administrativne prirode. Tehničke idu ka postizanju poboljšanih ili novih proizvoda, procesa i usluga, dok se administrativne odnose na strukturu organizacije i procese i one ne moraju nužno uticati na tehničke inovacije. Otvorenost ka novim idejama i inovativnim rešenjima je ključno, posebno u ranom stadijumu procesa, kombinovanjem ideja, znanja i veština ide se ka kompleksnijim inovacijama. Inovativna kompanija će postići visoku stopu profita i signalizirati ostalima, uključujući i imitatore. Kompanije moraju biti sposobne da identifikuju tehnologiju koja im je potrebna, pristupe tehnološkim opcijama i da integrišu nove tehnologije u svoje proizvodne procese.

Konkurentnost se može sagledati kao položaj jednog konkurenta u odnosu na druge konkurente. Ona se može sagledati sa aspekta makro i mikro nivoa, odnosno nivoa nacije i nivoa organizacije. Faktori koji su primarni u dostizanju održive konkurentne prednosti jesu inovativnost i uspešnost u primeni znanja. Formalno znanje koje organizacije poseduju, u kombinaciji sa skrivenim, tzv. neformalnim znanjem kreiraju novo znanje. Kao deo šire slike konkurentnosti i strukturnih promena, može se posmatrati difuzija inovacija. To je proces u kome se nove ekonomske forme integrišu u postojeću ekonomiju i time se strukturne promene nameću. Ovaj proces može se sagledati i kao primer ekonomskih promena u kojima nove tehnologije dobijaju na ekonomskom značaju i u kome zamenjuju stare, delimično ili potpuno. Značaj se daje identifikaciji resursa, koji su potrebni za unapređenje preduzetničkih sposobnosti naučnoistraživačkih organizacija. Ulaganje u neke nove inovacione projekte zna da bude i skupa i riskantna investicija, a jedan od načina da

se taj rizik umanjuje konstruisanje centara za generisanje, transfer i difuziju tehnologija i znanja (Ferreira et al., 2009).

3. ISTRAŽIVAČKE HIPOTEZE I KONCEPTUALNI MODEL

3.1. Sprovođenje tehnološkog predviđanja i planiranja i performanse istraživanja i razvoja

Velikim kompanijama su tehnološka predviđanja potrebna kako bi izvršili prioritizaciju u funkciji istraživanja i razvoja, planirali razvoj novog proizvoda, sačinili strateške odluke o licenciranju tehnologije, *joint venture* ulaganjima itd. (Firat et al., 2008). Značajno je struktuisati proces tehnološkog planiranja, jer taj proces pomaže organizaciji da identifikuje konkurentsku prednost, na taj način što se stvara slika o tome koja je uloga istraživanja i razvoja u stvaranju poslovnog uspeha (Fusfeld, 1989). Na osnovu rečenog može se konstruisati hipoteza H1 na sledeći način:

Hipoteza 1: *Sprovođenje tehnološkog predviđanja i planiranja vrši pozitivan uticaj na performanse istraživanja i razvoja.*

3.2. Upotrebljivost tehnološkog predviđanja i performanse istraživanja i razvoja

Kao ulazni podaci u proces formulisanja i planiranja strategije, prognoze su korišćene za bolje razumevanje pretnji i šansi, a samim tim i smer i obim potrebnih promena. Budući da je tehnologija odgovorna za mnoge važne promene u našem društvu, predviđanje budućnosti i napredak tehnologije može biti jednako važan za rukovodioce u formulisanju strategija na korporativnom nivou kao i za inženjere i naučnike koji vrše istraživanje i razvoj (Miller & Swineheart, 2010). Iz navedenog, može se formirati hipoteza H2:

Hipoteza 2: *Upotrebljivost tehnološkog predviđanja vrši pozitivan uticaj na performanse istraživanja i razvoja.*

3.3. Izvori informacija i performanse istraživanja i razvoja

Svi donosioci odluka o istraživanju i razvoju moraju imati svestran pogled na budućnost. Potrebne su prognoze koje u potpunosti uzimaju u obzir dostupne informacije i tehnike tehnološkog predviđanja. Prognoza u velikoj meri zavisi od kvaliteta unetih podataka u proces predviđanja i sposobnost donosilaca odluka da ih pravilno koriste (Schilling, 2008). Odatle se može izneti hipoteza H3:

Hipoteza 3: *Izvori informacija vrše pozitivan uticaj na performanse istraživanja i razvoja*

3.4. Metode tehnološkog predviđanja i performanse istraživanja i razvoja

Od velike važnosti za menadžera istraživanja i razvoja je da zna kako da ovlada tržištem uvoza tehnologije. Ako preduzeće želi da zadrži konkurentsku prednost, mora uspostaviti sistem predviđanja tehnologije. Mnogi istraživači kombinovali su patentnu analizu sa različitim metodama tehnološkog predviđanja kako bi identifikovali buduće razvojne trendove i strategije (Ashton & Sen, 1989). Iz navedenog može se formirati hipoteza H4:

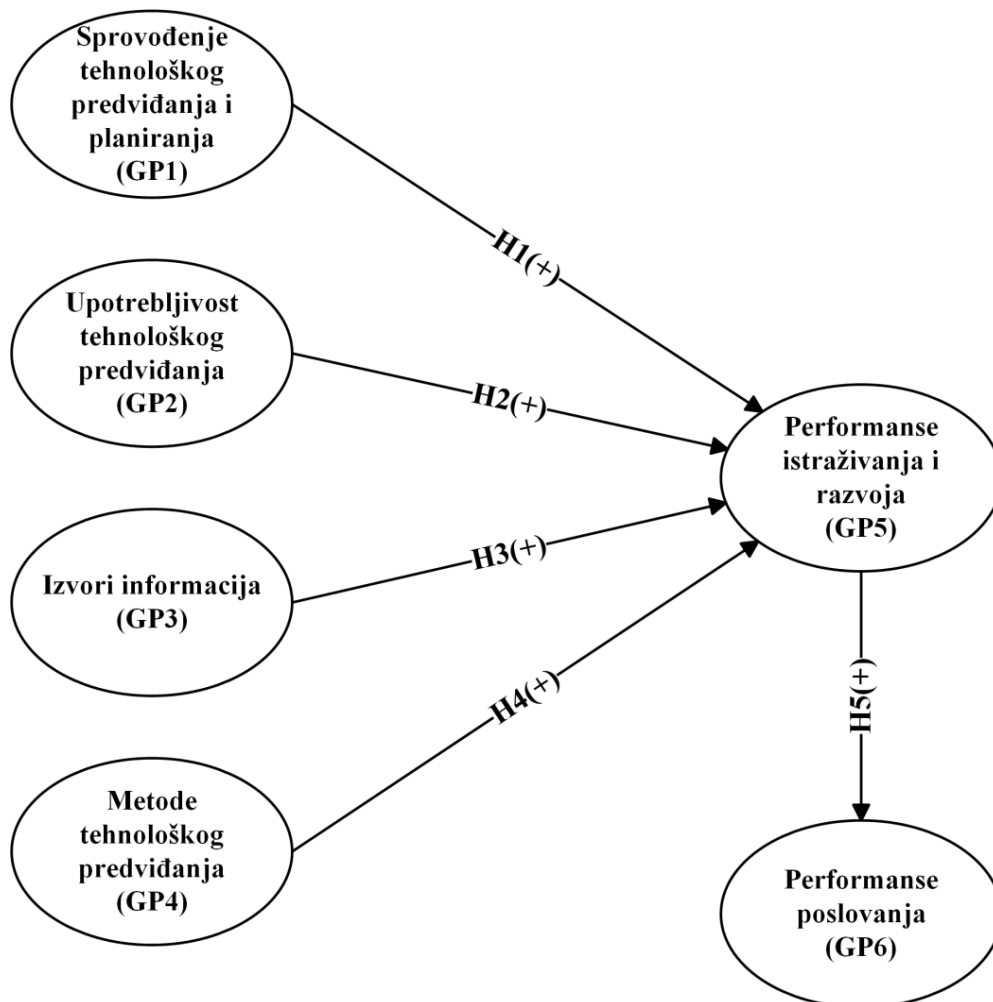
Hipoteza 4: *Metode tehnološkog predviđanja vrše pozitivan uticaj na performanse istraživanja i razvoja.*

3.5. Performanse istraživanja i razvoja i performanse poslovanja

Ako kompanije žele da poboljšaju ukupnu konkurentnost, prvo moraju da procene sopstvene sposobnosti (uključujući osoblje za istraživanje i razvoj, kapital i sposobnost stvaranja koristi i zaštite patenata), a zatim, u skladu sa veličinom preduzeća i njegovim mogućnostima, da odaberu odgovarajuće strategije za istraživanje i razvoj (Chiu & Ying, 2012). Iz navedenog se može formirati hipoteza H5:

Hipoteza 5: *Performanse istraživanja i razvoja vrše pozitivan uticaj na performanse poslovanja.*

Na osnovu postavljenih hipoteza formiran je konceptualni model pozitivnih uticaja prikazanih na Slici 2.



Slika 2. Konceptualni model

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

4.1. Konceptualni model

Sprovedenom eksploratornom faktorskom analizom nad setom od 43 promenljivih utvrđene su veze i odnosi između predloženih grupacija i utvrđena je jednodimenzionalnost kod svih šest grupa u modelu te se one mogu pouzdano opisati uz korišćenje definisanih pitanja. Mere fitovanja (engl. *goodness-of-fit measures*) konceptualnog i strukturnog

modela su utvrđene na osnovu urađene CFA analize. Vrednosti nekih od parametara prikazani su u Tabeli 1.

Tabela 1. Mere fitovanja kontrolnog i strukturnog modela

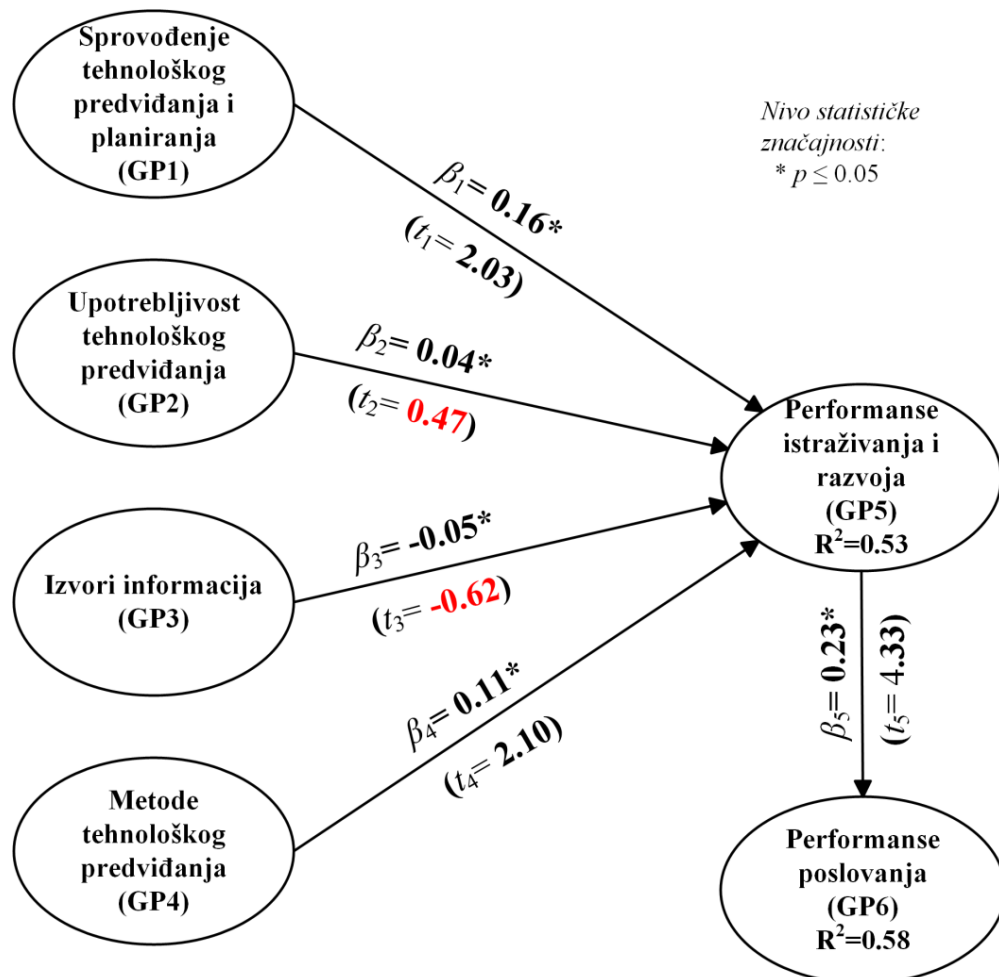
Indikatori fitovanja	Vrednosti za kontrolni (merni) model	Vrednosti za strukturni (PATH) model	Preporučene vrednosti
Chi-Square (χ^2)	1666.40	1666.40	-
Degree of freedom (d.f.)	768	768	-
Relative Chi-Square ($\chi^2/d.f.$)	2.16	2.16	< 3.0
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.09	0.09	< 0.08 – 0.10
Goodness-of-Fit Index (GFI)	0.79	0.79	> 0.8
Adjusted Goodness-of-Fit Index (AGFI)	0.89	0.89	> 0.9
Comparative Fit Index (CFI)	0.93	0.93	> 0.9
Incremental Fit Index (IFI)	0.93	0.93	> 0.9
Normed Fit Index (NFI)	0.92	0.92	> 0.9
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.92	0.92	> 0.9
Relative Fit Index (RFI)	0.91	0.91	> 0.9

Mera u kojoj model predstavlja dobru aproksimaciju realnosti ocenjena je na osnovu indeksa fitovanja, poput GFI (engl. *goodness-of-fit index*) i aproksimativne greške RMSEA (engl. *root-mean-square error of approximation*) (Bentler & Bonett, 1980). GFI indikator je ograničen na interval vrednosti (0, 1). Veće vrednosti GFI indikatora je pokazatelj dobre podudarnosti. Dobro fitovanje modela je označeno vrednošću većom od 0.80 (Bentler & Bonett, 1980). Ovaj indikator u razmatranom modelu pokazuje dobro fitovanje (GFI = 0.79). Indikator RMSEA je zasnovan na aproksimativnoj grešci koja se javlja usled očekivanog stepena slobode u posmatranoj populaciji. Što je vrednost indikatora manja, podudarnost je bolja. Podudarnost je prihvatljivija ukoliko su vrednosti manje od 0.10 (Molina, 2007). U razmatranom modelu, indikator ima vrednost 0.09, tako da zajedno sa GFI indikatorom pokazuje dobru podudarnost modela sa realnošću (Molina, 2007). Takođe, FIT analiza pokazuje da se vrednosti indikatora CFI=0.93; IFI=0.92; NFI=0.93; NNFI=0.92 i RFI=0.91 nalaze iznad granice preporučene vrednosti. Kod svih većih uzoraka postoji verovatnoća dobijanja statistički značajne vrednosti χ^2 testa, odnosno odbacivanja modela, usled čega se izračunava relativna vrednost χ^2 testa, podelom sa brojem stepena slobode (value $\chi^2 /d.f.$). Ovo merenje mora imati vrednost iznad 1 i ispod 3, ili čak 5, da bi se osiguralo fitovanje podataka (Molina, 2007; Hair et al., 2006), a na taj način se potvrđuje da su prikupljeni i obrađeni podaci zaista reprezentativni. U slučaju sprovedenog istraživanja ova vrednost je $1666.40/768= 2.16$, što je ispod gornje donje moguće granice, a koja je definisana od strane navedenih autora. Vrednosti dobijene FIT analizom su pokazale pravilnost odabranog modela procesa tehnoloških predviđanja u ispitivanim kompanijama.

4.2. Testiranje strukturnog modela

Testiranje statističkih hipoteza obavljeno je korišćenjem softverskom paketa LISREL 8.80. Koeficijenti regresije su dobijeni regresionom analizom. Rezultati analize strukturnog modela prikazani su na Slici 3. Iznad strelica su prikazane vrednosti koeficijenata regresije (β koeficijenata putanje), koji objašnjavaju jačinu veza između zavisnih i nezavisnih promenljivih. Podaci u zagradama predstavljaju vrednosti t-testa. Nivo statističke značajnosti je označen zvezdicama (u razmatranom slučaju na nivou $p = 0.05$).

Na osnovu dobijenih rezultata *path* analize, može se uočiti da koeficijenti putanje (regresije) imaju pozitivnu vrednost za prvu, drugu, četvrtu i petu hipotezu (H1, H2, H4 i H5), što znači da su ove hipoteze potvrđene (za hipotezu H1 $\beta=0.16$, za hipotezu H2 $\beta=0.04$, za hipotezu H4 $\beta=0.11$, dok je za hipotezu H5 $\beta=0.23$). Hipoteza H3 nije potvrđena jer njen koeficijent putanje (regresije) ima negativnu vrednost ($\beta= - 0.05$).



Slika 3. Strukturni (PATH) model

Da bi se donela odluka o prihvatanju hipoteza urađen je odgovarajući t-test i na taj način je proverena statistička značajnost dobijenih rezultata. Na osnovu dobijenih rezultata je uočljivo da su hipoteze H1, H4 i H5 prihvaćene jer su vrednosti njihovih koeficijenata (za H1 = 2.03; za H4=2.10; za H5 = 4.33) veće od preporučene vrednosti 1.96, sa nivoom statističke značajnosti od $p = 0.05$. Sa druge strane, hipoteza H2 je potvrđena, ali nije prihvatljiva ni statistički značajna, jer je njena vrednost t-testa manja od preporučene vrednosti 1.96 (za H2 = 0.47). Konačno, hipoteza H3, kako nije potvrđena, tako nije ni prihvaćena ($\beta= - 0.05$, t-test - 0.62).

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu obavljenog istraživanja, vidljivo je da su aktivnosti tehnološkog planiranja i predviđanja od velikog uticaja na performanse istraživanja i razvoja, a samim tim i na performanse ukupnog poslovanja jedne organizacije. Od pozitivnog značaja su i metode predviđanja, koje pravilnim izborom mogu jako doprineti uspehu jedne organizacije. Hipoteze su pokazale pozitivan uticaj tehnoloških predviđanja na performanse istraživanja i razvoja i ukupnog poslovanja jedne organizacije, pokazale su kvalitetnu upotrebljivost predviđanja, a takođe su pokazale da je izbor metoda predviđanja u prednosti u odnosu na izvore informacija. Modelovanje procesa tehnoloških predviđanja je nešto čemu treba da teži svaka kompanija, ne samo u analiziranim delatnostima, već i kompanije drugih delatnosti. Strateško tehnološko planiranje pruža mogućnost ostvarenju projektnih ciljeva u roku, doprinosi osećaju zadovoljstva i sigurnosti kod zaposlenih, a time doprinosi poslovanju kompanije i društvu u celini.

MODELING OF TECHNOLOGICAL FORECASTING PROCESS AS A CONDITION OF STRATEGIC TECHNOLOGICAL PLANNING

Aleksandra Barbulović

*University of Belgrade, Technical Faculty in Bor, Engineering Management Department
Bor, Serbia*

Abstract

The age in which we live, the business environment is characterized by numerous changes and faster development. When it comes to technologies, the changes are even more pronounced and dynamic. In order for the business to be successful, the necessary activity of the company is strategic technological planning, and as a precondition for this activity, technological predictions must be made as a continuous process. However, practice shows that very few companies carry out such activities, or at least do not do so in an adequate way. Companies must be able to identify the technology they need, access technological options and integrate new technologies into their production processes. Predictions are useful because they allow us to plan, but in order to form good plans, it is necessary to know the possible possible outcomes. The paper explains the basic concepts related to the technology and process of technological forecasting, methods and tools of technological forecasting, as well as elements of the process of technological forecasting. The results of the research conducted in a number of companies operating in the territory of the Republic of Serbia are presented. Statistical processing of the collected data was performed using the software package SPSS 18.0, while the creation of a structural model of the process of technological predictions was performed using the software package LISREL 8.80.

Keywords: *Technological forecasts, Structural modeling, Strategic technological planning*

LITERATURA / REFERENCES

- Ashton, W.B., Sen, R.K. (1989). Using patent information in technology business planning-II. *Research-Technology Management*, 32(1), 36-42.
- Bentler, P.M., Bonett, D.G. (1980). Significance Tests and Goodness of Fit in the Analysis of Covariance Structures. *Psychological Bulletin*, 88(3), 588-606.
- Chiu, Y.J., Ying, T.M. (2012). A novel method for technology forecasting and developing R&D strategy of building integrated photovoltaic technology industry. *Mathematical Problems in Engineering*, 2012.
- Cudanov, M., Jasko, O., Savoju, G. (2010). Interrelationships of organization size and information and communication technology adoption. *Journal of Applied Quantitative Methods*, 5(1).
- Ferreira, J.J., Fernandes, C.I., Alves, H., Raposo, M.L. (2015). Drivers of innovation strategies: Testing the Tidd and Bessant (2009) model. *Journal of Business Research*, 68(7), 1395-1403.
- Firat, A.K., Woon, W.L., Madnick, S. (2008). *Technological forecasting - A review*. Composite Information Systems Laboratory (CISL), Massachusetts Institute of Technology.

- Fusfeld, A.R. (1989). Formulating technology strategies to meet the global challenges of the 1990s. *International Journal of Technology Management*, 4(6), 601-612.
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J., Anderson, R.E., Tatham, R.L. (2006). *Multivariate Data Analysis*, 6th Edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Jahanbin, S., Goodwin, P., Meeran, S. (2013). New Product Sales Forecasting in the Mobile Phone Industry: an evaluation of current methods. *International Institute of Forecasters*.
- Martino, J.P. (1993). *Technological forecasting for decision making*. McGraw-Hill, Inc.
- Miller, P., Swinehart, K. (2010). Technological forecasting: a strategic imperative. *JGBM*, 6(2), 1-5.
- Molina, L.M. (2007). Relationship between quality management practices and knowledge transfer. *Journal of Operations Management*, 25, 682-701.
- Schilling, M.A. (2008). *Strategic Management of Technological Innovation*, 2d edition, New York, McGraw-Hill Irwin.
- Vrcelj, D., Bajic, V., Zivotic, P., Petrovic, P. (1973). Measuring of the technological progress and methods for forecasting.
- Zweck, A., Bachmann, G., Luther, W., Ploetz, C. (2008). Nanotechnology in Germany: from forecasting to technological assessment to sustainability studies. *Journal of Cleaner Production*, 16(8-9), 977-987.