

IZBIRA OPTIMALNIH ODLOČITEV PRI UPRAVLJANJU S PROIZVODNIM SISTEMOM OB UPOŠTEVANJU JAVNEGA MNENJA

Lidija Zadnik Stirn, Leon Oblak
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta
E-pošta: lidija.zadnik@uni-lj.si, leon.oblak@uni-lj.si

Povzetek

V prispevku predstavljamo model in metodologijo za iskanje optimalnih odločitev pri upravljanju s proizvodnim sistemom, ki morajo biti ekonomsko upravičene, ekološko neoporečne in hkrati sprejemljive za javnost. Izhajamo iz dejstva, da poznamo ekonomsko, ekološko in tehnološko podprte možne odločitve pri gospodarjenju s proizvodnim sistemom. Te odločitve predstavimo javnosti v obliki konceptov odločitev. Javnost v svojih odgovorih določi vrstni red odločitev glede na svoje preference in koristi, ki jih vidi kot rezultat predlaganih odločitev. Ocene javnosti ovrednotimo z uporabo conjoint analize. Dobljene vrednosti nato uporabimo skupaj z ekonomskimi in ekološkimi vrednostmi odločitev v večkriterijskem modelu odločanja, ki nam da optimalno odločitev za upravljanje s proizvodnim sistemom glede na ekonomske, ekološke, tehnološke in socialne kriterije.

Abstract

The article presents a model and methodology of searching for optimal decisions in a production system management which should be economically justified, environmentally harmless and acceptable to the public at the same time. We start from the fact that the possible production system management decisions supported by appropriate economic, ecological and technological considerations are known to us. These decisions are then presented to the public in the form of decision concepts. The public responds by determining the order of such decisions based on their preferences and benefits which they see as a result of the decisions proposed. The assessments on the part of the public are evaluated by means of conjoint analysis. The values obtained are then used together with economic and ecological values of decisions in a multi-criteria decision model which yields an optimal production system management solution with regard to economic, ecological, technological and social criteria.



1. UVOD

Okolje dobiva povsod v razvitem svetu čedalje večji pomen. Javnost se vedno bolj zavzema za zdravo okolje, saj spoznava, da je le-to nujen pogoj za obstoj in razvoj človeka in družbe. Ohranitev in varovanje okolja, ter z njima povezano sprejemanje odločitev pri upravljanju s proizvodnimi sistemi, ki so ekološko neoporečne, sta največja izziva, ki si ju je svet zadal za naslednje desetletje.

Ekološki problemi so tako kompleksni, da jih je potrebno reševati sistematično. Sistematičnega okoljevarstvenega vodenja proizvodnega sistema ni mogoče uresničiti čez noč, temveč zahteva ciljno, postopno in vztrajno delovanje. Za uresničitev ciljev

okolju prijaznega gospodarskega razvoja potrebujemo dinamične, prilagodljive in rentabilne proizvodne sisteme, to je podjetja, ki so se pripravljena spopasti z ekološkimi izzivi.

Vse dokler je bilo izkoriščanje posameznih sestavin okolja brezplačno, je prevladovalo mnenje, da je vlaganje v ekologijo le dodaten, nepotreben strošek. Pri tisk ekološko ozaveščene javnosti pa je v zadnjih letih povzročil, da je okolju prijazen način mišljenja začel prodirati tudi tja, kjer se je sprva zdelo, da ima največ nasprotnikov - v gospodarstvo, v proizvodne sisteme. Če je bilo upoštevanje varstva okolja pri proizvodnji posameznega izdelka še včeraj le nekaj postranskega,

pa je danes postalo pomemben prodajni argument, že jutri pa bo temeljni pogoj, da bo izdelek sploh mogoče prodajati.

Podjetje mora dobro poznati svoj ekonomsko-ekološki položaj, to je stanje, v katerem se nahaja, da si lahko postavi cilje, ki bodo zadovoljili tako nastajajoče ostre ekonomske pogoje kot tudi vse močnejše ekološke zahteve. Za vse to mora zgraditi dober informacijski sistem. Ta sistem prevzame oskrbo z nujnimi ekološkimi podatki, pripravlja postopke analize in podpira metode planiranja in vodenja proizvodnega sistema. Tako organiziran informacijski sistem pa ne sme biti samostojen inštrument, ampak mora biti sestavni element skupnega informacijskega, organizacijskega in komunikacijskega sistema.

Za uspešno delovanje informacijskega sistema pa so najpomembnejše informacije, in sicer njihova vsebina, količina in kakovost, ki jo predstavljajo dostopnost, točnost, pravočasnost, popolnost, zgoščenost, ustreznost, razumljivost, objektivnost, in predvsem vrednost informacije.

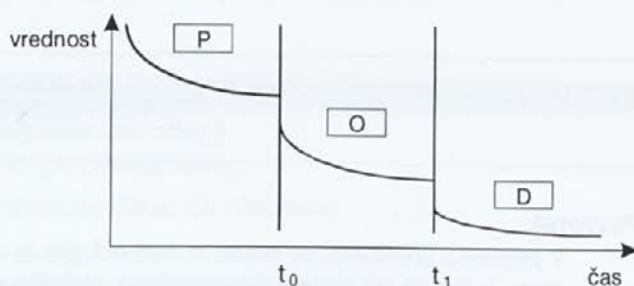
Dober informacijski sistem je tudi osnova v tem prispevku predloženemu modelu in metodologiji, ki omogočata aktivno vključevanje vseh neposrednih uporabnikov sistema, tudi javnosti, v proces odločanja in služita za podporo pri določanju optimalnih odločitev, ki usmerjajo proizvodni sistem od obstoječega stanja k ciljnemu ob upoštevanju ekonomskih, tehnoloških, ekoloških in socialnih funkcij. Pri tem ima zelo pomembno vlogo odločevalec, ki opredeli kriterije odločanja in išče najboljšo, kompromisno rešitev danega večkriterijskega problema tako, da izbere relevantne kriterije za postavljeni problem in se zaveda dejstva, da išče optimalno rešitev problema, ne pa posameznih ciljev oziroma kriterijev, saj optimiranje enega cilja lahko negativno vpliva na druge cilje [6].

V prispevku izhajamo iz dejstva, da poznamo ekonomsko, ekološko in tehnološko podprte možne odločitve pri upravljanju s proizvodnim sistemom [9]. Te odločitve nato predstavimo javnosti (anketirancem) v obliki konceptov odločitev [11]. Ti koncepti se med seboj razlikujejo v vrednostih ključnih atributov, ki podajajo posamezne odločitve. Anketirane osebe v svojih odgovorih določijo vrstni red konceptov (odločitev) glede na svoje preference in koristi, ki so rezultat različnih odločitev pri upravljanju s sistemom. Njihove ocene nato ovrednotimo z uporabo conjoint analize. Pri tem koristno uporabimo program SPSS [4]. Conjoint analiza nam omogoča poiskati vrednosti odločitev z zornega kota javnosti. Te vrednosti odločitev uporabimo nato skupaj z ekonomskimi vrednostmi odločitev v večkriterijskem modelu odločanja [10]. Leto nam da optimalno odločitev za upravljanje s proizvodnim sistemom glede na ekonomske in socialne kriterije ob upoštevanju ekoloških in tehnoloških

omejitev. Pri tem moramo posebno pozornost posvetiti utežem, ki jih pripišemo posameznim kriterijem [12].

2. INFORMACIJSKA VREDNOST

Informacijsko vrednost lahko definiramo kot časovno funkcijo uporabne vrednosti informacije. Uporabna vrednost informacije z vidika odločanja in upravljanja ni stalna, temveč se s časom manjša. Prikazana je na sliki 1 [2].



t_0 = čas, ko se dogodek zgodi
 t_1 = neki določen čas po nastopu dogodka

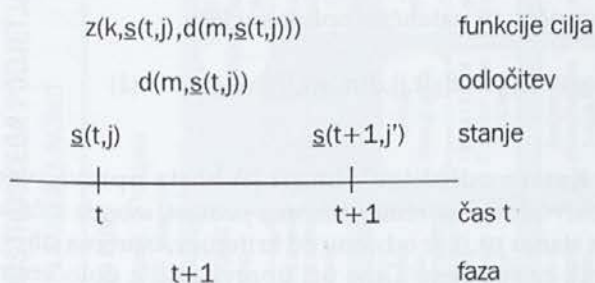
Slika 1: Vrednost informacije kot časovna funkcija

Če pride do nastopa nekega dogodka v času t_0 , potem je vrednost informacije, ki jo dobi uporabnik v času $t < t_0$ (t.j. pred nastopom dogodka) zelo visoka in se manjša, čim bolj se t bliža t_0 . V časovnem intervalu $[0, t_0]$ govorimo o *prediktivni vrednosti informacije* - P, pri kateri je možno dogodek le predvidevati. V praksi vlagamo veliko naporov za pridobivanje te vnaprejšnje informacije ravno zaradi njene velike vrednosti. *Prediktivne informacije* imajo zelo visoko vrednost, saj nam pomenijo izredno pomembno informacijo o nekem dogodku, ki se bo šele zgodil. Če imamo te informacije, se lahko na dogodke vnaprej pripravimo. V poslovnem svetu je za pridobivanje teh informacij razvitih več metod. Kadar je informacija o dogodku dostopna šele potem, ko se je dogodek že izvršil, to je v času t , $t_0 < t < t_1$, govorimo o *operativni vrednosti informacij* - O. To so najbolj pogoste informacije. Takšen značaj imajo vse informacije, ki opisujejo tekoče ali preteklo obnašanje sistema. Uporabnik, ki ima na voljo takšne informacije, lahko izkoristi vsebino informacije za izboljšavo delovanja sistema, ki je pod nadzorom. V nekem trenutku, po nekem določenem času $t > t_1$ pa informacija izgubi svojo operativno vrednost, ker je uporabniku na voljo prepozno, da bi lahko kakorkoli vplival na obnašanje sistema. Od trenutka t_1 dalje ima informacija *deskriptivno vrednost* - D in iz nje lahko pridobimo le izkušnjo, vemo, kako v prihodnje ukrepati v podobnih situacijah.

3. STANJE PROIZVODNEGA SISTEMA IN EKOLOŠKO DIAGNOSTIČNO DREVO

Izhodišče optimalnega upravljanja s proizvodnim sistemom je informacijski sistem in z njim povezani plan upravljanja proizvodnega sistema. Plan upravljanja s proizvodnim sistemom delamo za daljše časovno obdobje, na primer eno leto, dve leti, itd.

V modelu za iskanje optimalnih odločitev pri upravljanju s proizvodnim sistemom je ta čas obravnavan kot diskretna spremenljivka t ($t=0,1,2,\dots,T$). Predpostavili smo, da proizvodni proces, za katerega delamo plan upravljanja, traja T časovnih enot, in tako časovni interval razdelili na T enakih časovnih podintervalov oziroma faz (faza 1 se začne pri $t=0$ in konča pri $t=1$, ko se začne faza 2, itd.). Faza $t+1$ je predstavljena na Sliki 2.



Slika 2: Faza $t+1$ upravljanja s proizvodnim sistemom

V časovnem trenutku t predstavimo proizvodni sistem kot sistem v smislu sistemske teorije. Ta sistem predstavimo s pomočjo informacijskega sistema. Informacije informacijskega sistema imajo prediktivno in operativno vrednost, saj so številne dostopne šele takrat, ko se dogodek že zgodi. Pomembno je, da jih ne uporabimo prepozno, ko imajo le še deskriptivno vrednost.

Proizvodni sistem torej sestavljajo informacije o različnih elementih, njihovih lastnostih in parametrih. Označimo jih kot $s_1, s_2, \dots, s_s$. Predstavljajo informacije o vrsti proizvodov, tehnologiji proizvodnje, delovni sili, razpoložljivih strojih, surovinah, finančnih sredstvih in ekoloških parametrih proizvodnje, na katerih je v našem modelu poseben poudarek [9]. Množico vseh lastnosti elementov sistema v času t imenujemo stanje sistema v času t in ga označimo z $s(t,j)$, (Slika 2). $s(t,j) = s(t, s_1, s_2, \dots, s_s)$, pri čemer je $s(t,j) \in S(t)$. $S(t)$ je končna množica vseh možnih stanj v času t . Predpostavili smo namreč, da lastnosti elementov lahko izrazimo s končno mnogo diskretnimi vrednostmi. Posebno pozornost moramo posvetiti ciljnemu stanju proizvodnega sistema $s(T,j^*) = s^*(T, s_1^*, s_2^*, \dots, s_s^*)$, ki je definirano v skladu z ekonomskimi, ekološkimi in tehnološkimi danostmi proizvodnega sistema.

Ekološke parametre proizvodnega sistema določimo predvsem na osnovi poznavanja za okolje obremenjujočih snovi, ki izhajajo iz podjetja. Potrebno je oblikovati poseben ekološki informacijski sistem, oziroma ekološko diagnostično drevo, ki nudi sistematičen pregled šibkih ekoloških točk proizvodnega sistema. Določiti je potrebno vse ekološke parametre, ki se pojavljajo pri dejavnostih v podjetju in te parametre razvrstiti na različne nivoje diagnostičnega drevesa, ter tako določiti njihove medsebojne povezave in odvisnosti. V prispevku bomo prikazali primer ekološkega diagnostičnega drevesa za lesno-industrijsko podjetje (Slika 3) [5].

Prehode iz nižjih vej (nivojev) diagnostičnega drevesa na višje nivoje definiramo s pomočjo pravil v postopku logičnega sklepanja. To lahko pojasnimo na primeru ekološkega parametra 'emisija lesnega prahu'. Izbranemu parametru definiramo zaloge vrednosti:

1. grupa, 2. grupa, 3. grupa, 4. grupa in 5. grupa (Slika 3). Pri tem razvrstitve v 1. grupo pomeni najboljše ekološko stanje, oziroma najmanjšo emisijo lesnega prahu, razvrstitve v 5. grupo pa najslabše ekološko stanje, oziroma največjo emisijo lesnega prahu. Dejavniki (kriteriji), ki vplivajo na diagnozo so trije (Slika 3):

- lesni prah pri obdelavi bukovine in hrastovine,
 - lesni prah iz brusilnikov
 - lesni prah iz vseh drugih naprav.
- Vsak izmed teh dejavnikov ima definirane naslednje zaloge vrednosti:

- neoporečna vsebnost,
- sprejemljiva vsebnost,
- kritična vsebnost in
- nesprejemljiva vsebnost.

Ob danih podatkih lahko oblikujemo sistem pravil, ki bodo dala odgovor, v katero grupo spada obravnavano podjetje glede na emisijo lesnega prahu:

pravilo 1:

Če je vsebnost lesnega prahu pri obdelavi bukovine in hrastovine neoporečna IN

- je vsebnost lesnega prahu iz brusilnikov neoporečna IN
- je vsebnost lesnega prahu iz vseh drugih naprav neoporečna POTEM
- podjetje spada v 1. grupo, glede na emisijo lesnega prahu.

·
·
·

pravilo 64:

Če je vsebnost lesnega prahu pri obdelavi bukovine in hrastovine nesprejemljiva IN

- je vsebnost lesnega prahu iz brusilnikov nesprejemljiva IN
- je vsebnost lesnega prahu iz vseh drugih naprav nesprejemljiva POTEM

- podjetje spada v 5. grupo, glede na emisijo lesnega prahu.

Če želimo določiti vse možne variacije treh kriterijev ('lesni prah pri obdelavi bukovine in hrastovine', 'lesni prah iz brusilnikov' in 'lesni prah iz vseh drugih naprav') s štirimi zalogami vrednosti (neoporečna vsebnost, sprejemljiva vsebnost, kritična vsebnost in nesprejemljiva vsebnost), ki vplivajo na diagnozo 'izhodnega parametra onesnaževanja' (v našem primeru 'emisije lesnega prahu'), ki ga definira zaloga vrednosti petih lingvističnih spremenljivk (1. grupa, 2. grupa, 3. grupa, 4. grupa in 5. grupa), je potrebno torej zapisati kar 64 pravil ($V_4^{3(p)} = 4^3$)

Za celotni diagnostični model, prikazan na Sliki 3, bi bilo potrebno zapisati 137106 pravil. Seveda je to delo brez podpore sodobnih računalniških paketov, izdelanih za reševanje takih problemov (DataEngine, Winrosa, Matlab...), praktično nemogoče opraviti.

Diagnoza ekološkega stanja podjetja je torej nujna, saj podjetju nudi vpogled v njegovo dejansko ekološko stanje in je podlaga za analize o investicijah, ki so potrebne za prehod v željeno ekološko stanje. Hkrati pa diagnoza ekološkega stanja proizvodnega sistema nudi sistematičen pregled kritičnih ekoloških parametrov v sistemu in je izredno važen element pri definiranju obstoječega stanja proizvodnega sistema, označenega kot $s(t,j)$. Le-to mora vsebovati vse podatke, tudi ekološke, ki so pomembni za optimalno upravljanje proizvodnega sistema, saj se na podlagi informacij o stanju sistema oblikuje poslovna strategija, ki jo sestavljajo optimalne odločitve pri upravljanju. Prav opredelitev strategije in oblikovanje ciljev, ki ustrezajo danim okoliščinam, sta osnova za uspešno upravljanje s proizvodnim sistemom. Izhajajoč iz dejanskega stanja $s(t,j)$ (Kje se podjetje nahaja?), je treba definirati željeno (ciljno) stanje $s(t,j^*)$ (Kje se podjetje želi nahajati?), opredeliti cilje poslovanja (Kaj želi podjetje doseči?) in možne ukrepe, to je odločitve, za doseg te ciljev (Katere odločitve lahko in mora podjetje uporabiti?).

4. ODLOČITVE, PREHOD PROIZVODNEGA SISTEMA IZ OBSTOJEČEGA STANJA V NOVO STANJE, KRITERIJSKE FUNKCIJE IN FUNKCIJA KORISTI

Sprejemanje odločitev pri ekonomsko-ekološkem upravljanju proizvodnih sistemov je izredno zahtevna, odgovorna naloga, interdisciplinarnega značaja, njeno reševanje pa eden izmed pomembnih raziskovalnih in razvojnih ciljev v svetu, kot tudi v slovenskem prostoru in zato zahteva tudi nov metodološki pristop. Glede reševanja problema ekonomsko-ekološkega up-

pravljanja s proizvodnim sistemom lahko postavimo hipotezo, da je optimalne odločitve moč poiskati s smiselno vpeljavo ustreznih kvantitativnih metod odločanja v proces upravljanja.

Pri optimalnem upravljanju s proizvodnim sistemom so v središču naše pozornosti odločitve, ki jih označimo z $d(m,s(t,j))$, (Slika 2), in ki jih upravljavci s sistemom v času t in danem stanju $s(t,j)$ izberejo in s tem vplivajo na prehod sistema v novo stanje $s(t+1,j')$, (Slika 2). Predpostavimo, da imamo v vsakem času t ($t=0,1,2,\dots,T$) in vsakem stanju $s(t,j)$ na razpolago diskretno množico odločitev ($m=1,2,\dots,M$). Pri tem je $d(m,s(t,j)) \in D(s(t,j))$. Upravljaavec lahko iz množice $D(s(t,j))$ v vsakem času t , ko je sistem v stanju $s(t,j)$, izbere le eno odločitev, ker se te odločitve med seboj izključujejo. Novo stanje $s(t+1,j')$ je določeno z enačbo (1), pri čemer pa je funkcija prehoda f definirana empirično in natančno opisana v [8].

$$s(t+1,j') = f(s(t,j), d(m,s(t,j))) \quad (1)$$

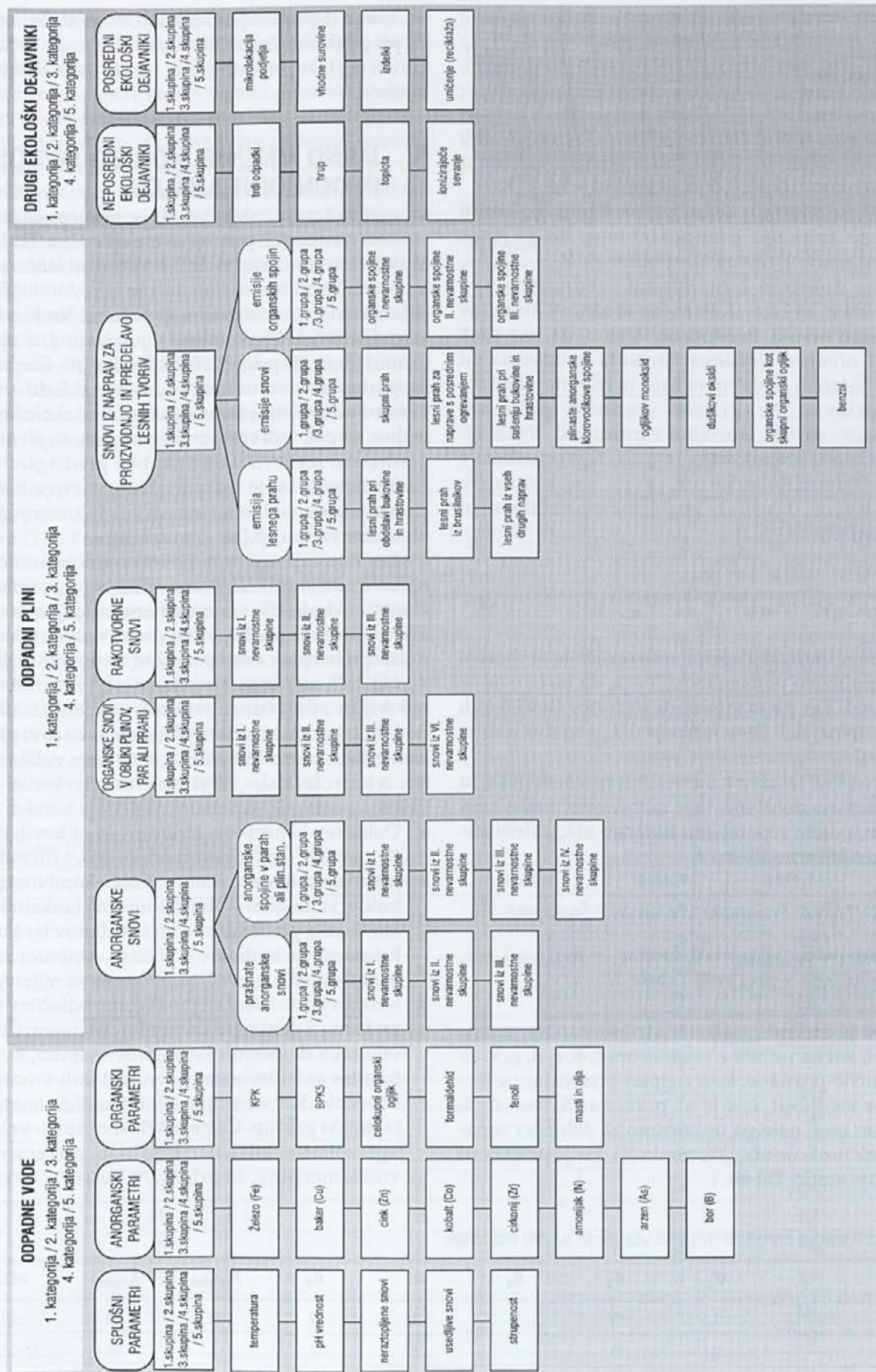
Katero odločitev $d(m,s(t,j))$ bosta upravljavec proizvodnega sistema, oziroma javnost, izbrala v času t in stanju $s(t,j)$, je odvisno od kriterijev, oziroma ciljev, ki jih zasledujeta. Cilje pri upravljanju z določenim proizvodnim sistemom je možno prikazati v obliki hierarhije ciljev. Pri tem gre za razvrstitev ciljev po stopnjah (nadrejeni in podrejeni cilji). Ker številna podjetja uvrščajo v hierarhiji temeljnih ciljev rast prodaje in dohodka zelo visoko, se pri tem zastavlja vprašanje, ali lahko tudi varstvo naravnega okolja uvrstimo med področja, ki utegnejo biti izvor možnosti za 'rast' podjetja. Podjetje namreč ne uvrsti ciljev glede varstva naravnega okolja v svoj sistem poslovnih ciljev iz kakršnihkoli nesebičnih razlogov, ampak le tedaj, če sodi, da lahko prispevajo k uresničevanju čim večjega dohodka, ali če ocenjuje, da bi bilo sicer ogroženo doseganje osnovnega cilja. Glede na to je logično, da je bil kriterij za optimalno upravljanje s proizvodnim sistemom v preteklosti le ekonomske narave. Prav ekološki problemi pa so pokazali, da je tako reševanje problemov pripeljalo do ekoloških katastrof, čeprav so bile rešitve z vidika ekonomskih ciljev optimalne.

Pri problemih, kjer sprejemamo odločitve, ki se nanašajo na uresničevanje več ciljev, posebej še, če so ti konfliktnega značaja, je nujno, da se opremo na metode večkriterijskega odločanja.

Tako definiramo v vsakem času t , v vsakem stanju $s(t,j)$ in za vsako odločitev $d(m,s(t,j))$ kriterijske funkcije $z(k,s(t,j),d(m,s(t,j)))$, (Slika 2). V predloženem modelu obravnavamo K kriterijskih funkcij, tako da je $k=1,2,\dots,K$. Naša naloga je, da te funkcije optimiramo, oziroma da rešimo problem:

EKOLOŠKA DIAGNOZA LESNOINDUSTRIJSKEGA PODJETJA

1. RAZRED / 2. RAZRED / 3. RAZRED / 4. RAZRED / 5. RAZRED



Slika 3: Diagnostično drevo za diagnosticiranje ekološkega stanja v lesnoindustrijskih podjetjih

$$\max_{d(m, \underline{s}(t, j))} \sum_{t=1}^T Z(\underline{s}(t, j)) d(m, \underline{s}(t, j)) \quad (2)$$

glede na prehod (1), za $t=0, 1, \dots, T$; $m=1, 2, \dots, M$; $j=1, 2, \dots, J$, kjer je $Z(\underline{s}(t, j)) d(m, \underline{s}(t, j))$ vektor s komponentami $z(k, \underline{s}(t, j)) d(m, \underline{s}(t, j))$ in $k=1, 2, \dots, K$.

$z(k, \underline{s}(t, j)) d(m, \underline{s}(t, j))$ definiramo kot funkcijo koristi [7]. Za to funkcijo predpostavimo, da za vsak $z(k, \underline{s}(t, j)) d(m, \underline{s}(t, j))$ obstoji N atributov $Z_1, Z_2, \dots, Z_n, \dots, Z_N$, ki so določeni z različnimi vrednostmi $z_{n,i}$, $n=1, 2, \dots, N$ in $i=1, 2, \dots, I$. Različne vrednosti atributov imenujemo nivoje. Predpostavili smo, da ima vsak atribut I nivojev. Vrednost atributa je odvisna od stanja, v katerem se sistem nahaja, in izbrane odločitve in predstavlja na primer vrednost prodanih proizvodov, stroške, socialno varnost, itd. Vsaki N -terici vrednosti atributov $(z_{1,i}, z_{2,i}, \dots, z_{N,i})$ priredimo v skladu s [7] funkcijo koristi $u(z_{1,i}, z_{2,i}, \dots, z_{N,i})$, za katero predpostavimo, da ustreza pogojema separabilnosti in aditivnosti [7]:

$$u(z_{1,i}, z_{2,i}, \dots, z_{N,i}) = \sum_{n=1}^N k_n u(z_{n,i}) \quad (3)$$

kjer so k_i uteži, ki jih pripišemo različnim atributom glede na njihovo pomembnost. Velja, da je: $k_1 + k_2 + \dots + k_N = 1$. Ker pa so vrednosti atributov številske ali pa atributivne, določimo funkcije $u(z_{n,i})$ na dva načina [10]:

1. Če je atribut izražen z numerično spremenljivko, ki je natančno določena, in je odločevalec riziko nevtralen, potem separabilno funkcijo $u(z_{n,i})$ definiramo kot linearno funkcijo:

$$u(z_{n,i}) = (z_{n,i} - z_{n,najslabši}) / (z_{n,najboljši} - z_{n,najslabši}) \quad (4)$$

kjer je $u(z_{n,i} = z_{n,najslabši}) = 0$ in $u(z_{n,i} = z_{n,najboljši}) = 1$, kot je prikazano v prvi vrsti Tabele 1.

2. Če pa je atribut izražen z atributivno spremenljivko, kot na primer z vrednostmi a, b, c, d, e , ki so natančno poznane, le-te najprej pretvorimo v številske vrednosti, kjer je na primer $a=5, b=4, c=3, d=2$ in $e=1$, nato pa uporabimo za določitev separabilne funkcije $u(z_{n,i})$ formulo (4), kar je prikazano v drugi vrstici Tabele 1.

Tabela 1 prikazuje vrednosti dveh atributov Z_1 in Z_2 pri petih različnih odločitvah $d_1, \dots, d_5$ in funkcijo koristi $u(z)$, ki pripada glede na (4) tema dvema atributoma.

5. JAVNO MNENJE, KORISTI JAVNOSTI IN CONJOINT ANALIZA

Izhajamo torej iz dejstva, da v vsakem času t in v vsakem stanju $\underline{s}(t, j)$ poznamo vse odločitve, ki glede na obstoječe stanje in tehnološke možnosti lahko pridejo v poštev. Te odločitve smo tudi že ovrednotili glede na cilje upravljavca proizvodnega sistema. Vsaki odločitvi smo namreč, kot je opisano v poglavju 4, z uporabo formul (3) in (4) priredili funkcijo koristi. Glede na to, da pa morajo biti odločitve ne le v skladu s tehnološkimi možnostmi ter ekonomsko in ekološko optimalne, ampak tudi sprejemljive za javnost, jih moramo predstaviti javnosti. Le-ta naj bi o predlaganih odločitvah izrazila svoje mnenje glede na svoje koristi, ki jih vidi v proizvodnem sistemu v času t , stanju $\underline{s}(t, j)$ in ob odločitvi $d(m, \underline{s}(t, j))$.

Ker bomo potrebe, želje in vrednote javnosti ter njihovo odzivnost na izbrane odločitve v proizvodnem sistemu ovrednotili s conjoint analizo [3], moramo izbrane odločitve predstaviti javnosti v obliki tako imenovanih konceptov odločitev, ki se med seboj razlikujejo po ključnih atributih. K vsaki odločitvi moramo namreč najprej določiti za javnost relevantne attribute, podobno kot smo storili v poglavju 4, ko smo glede na ekonomske in ekološke kriterije, torej z vidika upravljavca in proizvajalca, oblikovali funkcijo koristi (3), (4). Celoten postopek strnemo v naslednje korake:

- Določitev konceptov, atributov in njihovih nivojev
Ker javnost (anketiranec) odgovarja, oziroma podaja svoje preference, samo na tiste kombinacije atributov, ki jih dobi v obliki koncepta (anketnega lista), je zelo pomembna izbira atributov ter koliko in katere nivoje atributov določimo. Atributov in nivojev ne sme biti preveč, hkrati pa mora njihova kombinacija jasno določati predlagano odločitev pri upravljanju z danim proizvodnim sistemom. Če je število tako določenih konceptov majhno, bomo izbranim anketirancem (javnosti) dali v oceno vse koncepte, kar v teoriji conjoint analize imenujemo faktorski pristop. Če pa je teh konceptov veliko, pa uporabimo delni faktorski pristop, pri čemer je število konceptov, ki pridejo v poštev, odvisno od

Tabela 1: Funkcija koristi za dva atributa glede na pet odločitev

Atribut	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	$Z_{najslab.}$	$Z_{najbolj.}$	$u(z)$
Z_1	1	5	2	1	0	0	5	$z/5$
Z_2	a	b	c	d	e	1	5	$(z-1)/4$

vrste izbranega modela (aditivni ali interaktivni, linearni, kvadratni, itd.) in zahteve po ortogonalnosti faktorjev [3].

- Izbor reprezentativnega vzorca javnosti in določitev vrstnega reda konceptov

Vsak, ki je izbran, da izraža svoje mnenje, oziroma mnenje javnosti o posameznih odločitvah pri upravljanju s proizvodnim sistemom, določi vrstni red predlaganih konceptov odločitev od najboljšega do najslabšega glede na svoje preference.

- Izračun koristnosti posameznih konceptov (odločitev)

Ocene anketirancev nato uporabimo za izračun koristnosti posameznih atributov, ki določajo koristnost posameznih odločitev za javnost. Za ta izračun uporabimo modificirano metodo analize variance in ustrezne računalniške programe. V našem primeru bomo uporabili program SPSS [4].

Prikažimo postopek ovrednotenja posameznih odločitev (konceptov) javnosti na poenostavljenem primeru [11]. Predpostavimo, da smo za ovrednotenje odločitev pri upravljanju s proizvodnim sistemom izbrali štiri attribute, in sicer dobiček (D), ki ima tri nivoje Z, S, N, ekološko sprejemljivost proizvodnje (ES), ki ima dva nivoja, in sicer Z in N, kakovost izdelkov (KI) in image podjetja (IP), ki imata vsak po tri nivoje (Z, S, in N). Pri tem pomeni N najboljši rezultat (visok dobiček, ekološko sprejemljiva proizvodnja, zelo dobra kakovost izdelkov ter zelo dober image podjetja), S srednje dober rezultat in Z zelo slab rezultat. Na osnovi

tako izbranih atributov je možno oblikovati 54 konceptov ($3 \times 2 \times 3 \times 3$). Ocenjevanje vseh 54 konceptov bi bilo za anketirance preobsežno in prezahtevno, zato smo uporabili delni faktorski postopek in program SPSS. Njegov podprogram ORTHOPLAN nam je izbral 15 konceptov, ki so podani v Tabeli 2. Podprogram CONJOINT je za teh 15 konceptov potrdil ortogonalnost.

Tabela 2: 15 konceptov izbranih v delnem faktorskem postopku

Koncept	D	ES	KI	IP
1	Z	Z	S	Z
2	Z	Z	S	S
3	S	Z	S	Z
4	S	Z	S	S
5	N	N	Z	Z
6	Z	Z	Z	S
7	S	Z	Z	N
8	N	N	Z	N
9	Z	Z	N	S
10	Z	Z	N	N
11	N	N	N	N
12	N	Z	Z	S
13	Z	Z	S	Z
14	N	N	N	S
15	N	N	S	Z

Tabela 3: Ocene 6 predstavnikov (anketirancev) javnosti

Koncept	Ankt.1	Ankt.2	Ankt.3	Ankt.4	Ankt.5	Ankt.6
1	3	7	12	3	9	12
2	7	3	13	6	3	13
3	6	4	5	7	4	8
4	1	9	1	4	7	1
5	2	6	14	2	6	14
6	4	15	8	1	10	5
7	9	10	11	9	15	11
8	12	13	2	12	13	6
9	15	5	7	15	5	7
10	13	11	6	11	12	2
11	14	1	3	14	1	3
12	5	8	4	5	8	4
13	8	4	15	8	4	15
14	10	2	9	10	2	10
15	11	12	10	13	11	9

Tabela 4: Rezultati conjoint analize za tretjega anketiranca

Pomembnost atrib. v %	Koristnost	Atrib./nivo
55.72		D
	-3.49	Z
	2.42	S
	1.07	N
7.32		ES
	-0.39	Z
	0.39	N
3.24		KI
	-0.40	Z
	-0.57	S
	-0.75	N
33.73		IP
	-23.09	Z
	-26.76	S
	-25.57	N
Konstanta = 34.03		

Tabela 5: Rezultati conjoint analize za vse anketirance

Pomembnost atrib. v %	Koristnost	Atrib./nivo
32.83		D
	-1.18	Z
	0.02	S
	1.17	N
27.67		ES
	-0.96	Z
	0.96	N
7.11		KI
	-1.19	Z
	-1.71	S
	-2.22	N
32.39		IP
	-7.82	Z
	-8.43	S
	-6.68	N
Konstanta = 17.22		

Tabela 6: Koristnosti vseh 6 anketirancev za vsak posamezni koncept

Konc.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Korist.	5.5	4.9	6.7	6.1	10.3	5.5	21.7	24.8	4.5	19.5	23.8	7.8	5.5	8.7	9.8

V primeru, ko smo izbrali 6 predstavnikov javnosti, ki so ocenili 15 predloženih konceptov z ocenami od 1 do 15, smo dobili rezultate, ki so zbrani v Tabeli 3. Z uporabo SPSS podprograma UTILITY smo ovrednotili ocene anketirancev (Tabela 3) in dobili relativno pomembnost vsakega atributa (v procentih) in koristnost vsakega nivoja atributa za vsakega anketiranca posebej, kot tudi za vseh 6 anketirancev skupaj. Slednje je za naš primer podano v Tabeli 5. Tabela 4 pa prikazuje rezultate podprograma UTILITY za anketiranca številka tri. Iz rezultatov, podanih v Tabeli 4, lahko po formuli (5), ki je dokazana v [7], izračunamo koristnost vsakega posameznega koncepta za vsakega posameznega anketiranca kot tudi za vse anketirance skupaj.

Koristnost = konst. + korist. atr. 1/nivo 1 + + korist. atr. (n=N)/nivo I (5)

Tako je na primer za anketiranca številka tri (Tabela 4) koristnost koncepta enajst, ki ima vse štiri attribute na nivoju N (Tabela 2), po formuli (5) enaka: $34.03 + 1.07 + 0.39 - 0.75 - 25.57 = 9.17$. Z uporabo formule (5) in rezultatov iz Tabele 5 pa smo za vseh 6 anketirancev dobili za naših 15 konceptov koristnosti, ki so zbrane v Tabeli 6 (rezultati so zaokroženi na eno decimalno).

6. Optimalno zaporedje odločitev pri upravljanju s proizvodnim sistemom

Z ukrepi (odločitvami) upravljavec usmerja proizvodni sistem od začetnega stanja $s(0, j'')$ k ciljnemu stanju $s(T, j^*)$, v katerem naj bi se sistem nahajal na koncu planskega obdobja. Ko določimo vse možne prehode (1) za vse faze t , lahko narišemo odločitveno drevo v smislu diskretnega dinamičnega programiranja [1]. Zaradi izredno velikega števila možnih stanj in v teh stanjih velikega števila možnih odločitev je to drevo tako obsežno, da ga je v realnosti možno oblikovati le s pomočjo računalnika. Nato v odločitveno drevo na vsakem prehodu (1) vnesemo vrednost ciljne funkcije, ki jo dobimo kot normirano in ponderirano aritmetično sredino vrednosti funkcije koristi (3) in vrednosti, ki jo dobimo s conjoint analizo. Pri tem smo predpostavili, da sta vrednosti aditivni in smo rešili problem ustrezne norme za obe vrednosti in problem pomembnosti posameznih kriterijev, to je tako imenovani problem uteži [12]. Optimalno zaporedje odločitev od začetnega do končnega stanja glede na vse privzete kriterije in omejitve (ekonomske, sociološke,

tehnološke in ekološke) nato določimo z Bellmanovo rekurijsko enačbo [1] v smislu problema (2) glede na (1). Numerični primer, ki obravnava 3 faze, šest stanj in po tri odločitve v vsakem stanju, je prikazan v [10].

7. ZAKLJUČNE MISLI

Ekološka problematika je kompleksen in slabo definiran sistem. Le izviren sistemski pristop lahko pripele do zadovoljivih rezultatov. Rezultati, ki jih ponuja v prvem delu prispevka predstavljeno diagnostično drevo, so osnova za definiranje obstoječega stanja v proizvodnem sistemu. Le-to pa je izhodišče za ekološko optimiranje proizvodnje, saj je le na podlagi podatkov o kritičnih ekoloških parametrih mogoče natančno določiti okoljevarstvene cilje sistema. Te pa bo v prihodnje nujno vključevati v poslovne cilje oziroma v poslovno strategijo proizvodnega sistema. Seveda pa morajo biti vsi cilji sprejemljivi tudi za javnost.

Predstavljeni matematični model za iskanje optimalnih odločitev pri upravljanju s proizvodnim sistemom je prvi tovrstni model, ki poleg ekonomskih in ekoloških kriterijev upošteva tudi mnenje javnosti. Glede na to so rezultati modela lahko koristna podpora vsem, ki sprejemajo kakršnekoli odločitve o upravljanju s tem sistemom.

Nadaljnja cilja pri raziskovanju obravnavane problematike sta, poleg izpopolnjevanja modela, še primerna organizacija zahtevanih empiričnih podatkov in aplikacija modela. Pri aplikaciji modela pa se postavljajo naslednja vprašanja:

- Kakšno težo ima mnenje javnosti, ki zasleduje predvsem naravovarstvene cilje, glede na cilje lastnika (upravljavca), ki zasleduje predvsem ekonomske in tehnološke cilje?
- Kdo bo plačal dodatne stroške, ki nastanejo z upoštevanjem naravovarstvenih zahtev pri proizvodnji, saj vemo, da ekološka proizvodnja, vsaj na začetku, znižuje čisti dohodek lastnika (upravljavca)?
- Ali so predstavniki javnosti, ki podajajo svoje mnenje o odločitvah o proizvodnji, toliko osveščeni in izobraženi, da lahko kompetentno ovrednotijo koncepte?

Lidija Zadnik Stirn je doktorica informacijsko-upravljaljskih znanosti in redna profesorica za področje operacijskih raziskav na Univerzi v Ljubljani. Na Biotehniški fakulteti v Ljubljani poučuje Kvantitativne metode, Matematične metode in Metode operacijskih raziskovanj. Bila je gostujoči učitelj na Univerzi v Trierju, ZRN in na Univerzi Washington, Seattle, ZDA. Njeno raziskovalno delo je usmerjeno predvsem na področje metod optimiranja in v oblikovanje matematičnih modelov, ki služijo kot podpora pri sprejemanju optimalnih odločitev pri upravljanju z različnimi sistemi ob upoštevanju ekonomskih in okoljevarstvenih ciljev. Od leta 1997 je predsednica SDI – Sekcije za operacijske raziskave v Slovenskem društvu INFORMATIKA.

Leon Oblak je doktor lesarskih znanosti in asistent za področje organizacije in ekonomike lesarstva na Univerzi v Ljubljani. Na Biotehniški fakulteti v Ljubljani vodi vaje pri predmetih Ekonomika lesarstva in trženje lesnih proizvodov, Organizacija in upravljanje proizvodnih procesov in Kvantitativne metode. Njegovo glavno raziskovalno področje je usmerjeno v raziskovanje metod in oblikovanje modelov za podporo odločanju v lesnoindustrijskih podjetjih.

- Ali so uporabniki rezultatov predloženega modela dovolj metodološko in informacijsko usposobljeni, da delujejo pri aplikaciji modela kot najvažnejši in hkrati zelo kritičen partner?

8. REFERENCE

- [1] ARIS, R. 1964. Discrete Dynamic Programming: An Introduction to the Optimization of Staged Processes, Blaisdel Pub., New York,
- [2] GRADIŠAR, M., RESINOVIČ, G. 1994. Informatika. Kranj, Moderna organizacija.
- [3] HAIR, J. F., ANDERSON, R. E., TATHAM, R. L., BLACK, W. C. 1998. Multivariate Data Analysis, Macmillan Pub. Co., New York.
- [4] NORUSIS, M.J. 1997. SPSS for Windows: Advanced Statistics, Version 7.5, SPSS Inc., Chicago.
- [5] OBLAK, L. 1998. Mehka logika v matematičnem modelu izbire optimalnih odločitev v lesnoindustrijskih podjetjih. Doktorska disertacija, Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- [6] OBLAK, L. 1995. Ekonomsko-ekološki konflikt, problem odpadnih voda v slovenski lesni industriji in možnost reševanja ekonomsko-ekoloških vprašanj z metodo ciljnega programiranja. Magistrska naloga. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo.
- [7] WINSTON, W.L. 1994. Operations Research: Applications and Algorithms, Duxbury Press, Belmont, CA.
- [8] ZADNIK STIRN, L. 1990. Adaptive Dynamic Model for Optimal Forest Management. Forest Ecology and Management, 1990/31, str. 167-188.
- [9] ZADNIK STIRN, L. (1994): Optimal Decision Making in Forest Management Using Fuzzy Methods. V: Proceedings of SOR'94, V. Rupnik et al. (eds.), SDI-SOR Portorož, Slovenia, 1994, str. 203-210.
- [10] ZADNIK STIRN, L. (1996): Interactive, Dynamic and Multiattribute Technique for Modeling in Forest Planning. Publication No. FWS 1-96, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA, 1996, str. 129-138.
- [11] ZADNIK STIRN, L. (1998): Conjoint Analysis to Incorporate Public Opinion into Forest Management Modeling. V: Institutional Aspects of Managerial Economics and Accounting in Forestry, M. Merlo (eds.), University of Padova, 1998, str. 191-201.
- [12] ZADNIK STIRN, L. (1999): Interactive Multi-criteria Analysis in Support of Ecosystem Management. V: Operation Research Proceedings (invited paper), I. Aganovic et al. (eds.), Croatian Operations Research Society, Osijek, Croatia, 1999, str.13-24.