UDK30:504
Izvorni znanstveni članak
Primljeno: 15.01.1993.

Dr. DRAŽEN BARKOVIĆ,
Ekonomski fakultet Osijek

EKOLOŠKI ASPEKTI U TEORIJI PROIZVODNJE

Cilj ovog rada je da pokaže mogućnost uključivanja ekoloških faktora u teoriju proizvodnje koja se ovdje promatra s pozicije neoklasičnog pristupa, linearne analize aktivnosti i teorije oblika prilagođavanja. Pomoću linearnog i parametarskog programiranja izvode se veze između linearne analize aktivnosti i neoklasične teorije proizvodnje pretpostavljene klasičnom funkcijom proizvodnje. S gledišta zaštite prirodne sredine prednost se daje linearnoj analizi aktivnosti koja sa svojim instrumentarijem reagira na ekološke izazove.

1. UVOD

U novije vrijeme znatan broj radova na području teorije proizvodnje pokušava reagirati na ekološke izazove u privrednoj praksi. Dosada je to područje bilo dosta zanemareno u ekonomici pa je potrebno analizirati mnoge aspekte ekologije i mehanizme zaštite okruženja te ih po mogućnosti integrirati u novi koncept i način razmišljanja. Krajnji cilj takvog pristupa je stvaranje podrške odlučivanja u praksi koja vodi računa o zaštiti prirodnog okruženja.

U ovom radu se istražuje, kako uzeti u obzir prirodno okruženje s obzirom na korištenje resursa i kako uključiti opterećenje prirodnog okruženja u različite koncepte teorije proizvodnje i to u okviru:

1. neoklasične teorije proizvodnje,
2. linearne analize aktivnosti,
3. teorije oblika prilagođavanja.

Iako ne eksplicitno, ipak implicitno ovaj rad potiče pitanje integracije ekologije u pojedine discipline ekonomike na način da ekologija bude posrednik u sustavno orijetiranom pristupu ili u pristupu s pozicje teorije ponašanja i odlučivanja u znanosti o ekonomici poduzeća u kojoj stanje duha nije više jednoznačno.[1]

2. PREMISE NEOKLASIČNE TEORIJE PROIZVODNJE

2.1. Osnovni pojmovi za karakterizaciju funkcije proizvodnje

Neoklasična teorija proizvodnje bavi se u biti s proizvodnjom jednog proizvoda koji se proizvodi uz ulaganje faktora proizvodnje. Ona polazi od veze između uloženih faktora proizvodnje r_i $(i=1,...,n)$ i količine outputa x koji su karakterizirani sljedećim svojstvima:[2]

(1) Funkcija $f(r_1,...,r_n)$ faktora proizvodnje r_i koja se može dvaput derivirati zove se funkcijom proizvodnje za output x važi:

$$x = f(r_1,...,r_n) \qquad (1)$$

1 O ovoj problematici "stanja duha" u znanosti o ekonomici poduzeća pogledati kod Tintor, J.: Ekonomska analiza poslovanja poduzeća, časopis Ekonomski analitičar, br. 9, Zagreb 1993., str. 3-12

2 Prema Fandel, G.: Produktion I, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg 1989.

(2) Funkcija proizvodnje f je linearno homogena, to znači da povećanje svih faktora proizvodnje za λ puta daje povećanje outputa za λ puta.

$$f(\lambda r_1,..., \lambda r_n) = \lambda f(r_1,...,r_n) \qquad (2)$$

Vrijedi, dakle "zakon konstantnog opsega prinosa".

(3) Ako se svi faktori proizvodnje osim jednog uzmu kao konstante onda je output x funkcija količine ulaganja tog faktora:

$$x = f(r_1,...r_{i-1}, r_i, r_{i+1},...,r_n) = \varphi_i(r_i); (i=1,...,n) \qquad (3)$$

gdje su r_k za (k=1,2,...,n; k<>i) konstantne količine faktora proizvodnje. Funkcija $\varphi_i(r_i)$ se zove funkcijom proizvodnje kod parcijalne promjene faktora.

Funkcija proizvodnje s parcijalnim promjenama faktora zadovoljava zakon prinosa:

(a) Povećano ulaganje varijabilnog faktora vodi do povećanja outputa

$$\frac{dx}{dr_i} = \frac{\partial f}{\partial r_i} = x_i' > 0 \qquad (4)$$

x_i' se zove granična produktivnost faktora i

(b) Granična produktivnost x_i' opada ako se povećava faktor i

$$x_i'' = \frac{d^2x}{dr_i} = \frac{\partial^2 f}{\partial^2 r_i} < 0 \qquad (5)$$

(4) Iz derivibilnosti funkcije proizvodnje slijedi da se faktori proizvodnje mogu supstituirati: smanjenje količine faktora proizvodnje r_i može se - kod iste količine outputa - kompenzirati većim ulaganjem nekog drugog faktora. Skup kombinacija faktora ulaganja koji omogućavaju određeni output $\bar{x}$ zove se izokvanta; njezina jednadžba glasi:

$$f(r_1,...,r_n) - \bar{x} = 0 \qquad (6)$$

Radi (5) vrijedi stav o implicitnim funkcijama, zato se iz (6) može izraziti faktor r_i kao funkcija koja se može dvaput derivirati

$$r_i = h_i(r_1,...,r_{i-1},r_{i+1},...,r_n,\bar{x}) \qquad (7)$$

Ako se prva derivacija h_i po r_k pomnoži s (-1) dobije se izraz

$$s_{ik} = -\frac{\partial h_i}{\partial r_k} \qquad (8)$$

poznat pod nazivom granična stopa supstitucije. Implicitne derivacija funkcije proizvodnje pokazuje da vrijedi

$$s_{ik} = \frac{\partial f / \partial r_k}{\partial f / \partial r_i} \qquad (9)$$

Neoklasična teorija proizvodnje postulira "zakon opadajuće granične stope supstitucije"

$$\frac{d_{sik}}{d_{rk}} < 0 \qquad (10)$$

Ovaj klasičan i poznati koncept funkcije proizvodnje[3] dokazao se u ekonomskim primjenama: ekonometrijska istraživanja su pokazala egzistenciju makroekonomskih funkcija proizvodnje koje posjeduju neoklasična svojstva.

2.2. Faktori okruženja u teoriji proizvodnje

Sada se može postaviti temeljno pitanje kako da se u ovaj koncept teorije proizvodnje uključi proizvodni faktor okruženje i kakva je njegova uloga. Najprije treba podsjetiti da se pod pojmom faktora proizvodnje podrazumijevaju dobra koja se ulažu u proizvodnju određenih proizvoda i da je znanost o ekonomici privrede vrlo rano razvila sustav elementarnih faktora proizvodnje koji se razlikuju već prema svojem udjelu u ukupnom stvaranju vrijednosti. To su: rad, zemlja, kapital. Za razliku od originarnih faktora proizvodnje rada i zemlje, kapital je izvedeni fatkor. Na prirodno okruženje se u klasičnom pristupu gleda kao na slobodno dobro koje stoji na raspolaganju u neograničenim količinama koje se uopće ne uzimaju u obzir, a niti se vodi računa o troškovima.

Teorija proizvodnje promatrana s aspekta znanosti o ekonomici poduzeća pokušava razmotriti u kojoj se mjeri mogu obuhvatiti faktori okruženja. Na proizvodnju se gleda kao na kombinaciju ulaganja elementarnih faktora, sirovina, pogonskih sredstava i rada. Među tim faktorima nije eksplicitno obuhvaćeno prirodno okruženje. Znači da je potrebno ovaj kalsičan sustav faktora proširiti za još jedan: "prirodno okruženje". Poseban položaj okruženja kao, faktora proizvodnje karakterizira se kroz sljedeća razmišljanja:[4]

(1) Određeni aspekti okruženja pokazuju karakter potencijalnih faktora, npr. njihova dugoročna korisnost u okviru regeneracijske sposobnosti prirode, lokacijske imobilnosti, ograničenosti pojedinih prirodnih resursa u određenim procesima. Neke sirovine koje neposredno ulaze u proizvod na prvi

3 O ovom konceptu pogledati kod Babić, M.

4 Steven, M.: Umwelt als Produktionsfaktor? u časopisu Zeitschrift für Betriebswirtschaft, br. 4, Gabler Wiesbaden 1991, str. 512-513

pogled su faktori potrošnje ali kod višestruke upotrebe preko reciklaže ipak su potencijalni faktori.

(2) Dok se kod uobičajenog prikazivanja toka dobara može tok za svaki proces prikazati jednoznačno, to znači da li je dobro faktor ulaganja ili proizvoda, okruženje nastupa i na strani inputa i na strani outputa proizvodnog procesa.

(3) Razlika između prirodnog okruženja i klasičnih faktora proizvodnje sastoji se u tome što se faktor okruženja ne može izraziti direktno niti količinski niti vrijednosno. Za sada mnogi oblici iskorištavanja okruženja imaju status javnog odbora čija se upotreba najčešće ne obračunava sa stvarnim troškovima.

Operacionalizirajmo izloženi koncept funkcije proizvodnje i uzmimo u obzir prirodno okruženje U kao novi dodatni faktor porizvodnje. Zavisnost između klasičnih faktora proizvodnje rada L, kapitala K i faktora prirodnog okruženja U s ukupnim outputom proizvodnje mogla bi se dati proširenom Cobb-Douglasovom funkcijom:

$$x = a\,L^{\alpha}\,K^{\beta}\,U^{\gamma} \qquad (11)$$

gdje su $\alpha, \beta, \gamma > 0$ i $\alpha + \beta + \gamma < 1$

Te pretpostavke mogu biti i problematične[5] ali dopuštaju prema neoklasičnim postulatima nekoliko zanimljivih iskaza u odnosu na faktore okruženja.

(1) Prinos opsega

Funkcija proizvodnje:

$$x(\lambda) = a\,(\lambda L)^{\alpha}\,(\lambda K)^{\beta}\,(\lambda U)^{\gamma} = \lambda^{\alpha+\beta+\gamma} \cdot x \qquad (12)$$

je homogena stupnja $r = \alpha + \beta + \gamma < 1$, pokazuje dakle konstantni ili opadajući prinos opsega. Proširenje funkcije proizvodnje s faktorom okruženja pridonosi realnijem preslikavanju stvarnosti i povećanju stupnja homogeniteta.[6]

(2) Granična stopa supsititucije

Granična stopa supstitucije između prirodnog okruženja i oba faktora proizvodnje glasi:

$$s_{UL} = -\frac{\gamma}{\alpha}\frac{L}{U} \qquad (13)$$

$$s_{UK} = -\frac{\gamma}{\beta}\frac{K}{U} \qquad (13)$$

Iz ovih graničnih stopa supstitucije se vidi u kojoj se mjeri može utrošak prirodnog okruženja zamijeniti radom i kapitalom. Od ranije je poznato da će s povećanjem varijable U granična stopa supstitucije opasti. Pretpostavke o takvim stopama supstitucije imaju smisla u kratkoročnim i parcijalnim razmatranjima jer je reprodukcija radne snage i akumulacija kapitala zavisna o dobrima iz okruženja.

Ako bi se varijable L i K uključile u konstantu $c = aL^{\alpha} K^{\beta}$ onda bi se funkcija proizvodnje mogla izraziti preko faktora prirodnog okruženja

$$x_{(U)} = c\,U^{\alpha} \qquad (14)$$

$$\frac{\partial x}{\partial u} = \gamma\, c\, U^{\gamma-1} > 0 \qquad (15)$$

$$\frac{\partial^2 x}{\partial^2 u} = \gamma(\gamma-1)\, c\, U^{\gamma-2} < 0 \qquad (16)$$

Promatrana funkcija proizvodnje pokazuje opadajuću graničnu produktivnost faktora prirodnog okruženja. To se objašnjava time da izdašnost faktora okruženja opada radi povećanog zagađenja okruženja kao posljedice povećane proizvodnje, da se npr. stope regeneracije prekoračuju, a prirodni resursi iscrpljuju.

Mora se priznati da dosadašnji rezultati teorijskog i praktičnog istraživanja o mogućnostima uključivanja ekoloških faktora u proizvodnu funkciju nisu dali neke posebne rezultate. Zato se može preporučiti da se u ta istraživanja uključi teorija linearne analize aktivnosti. Za njezino fokusiranja postoje 3 osnovna razloga.[7] Prvo, linearna analiza aktivnosti je grana teorije proizvodnje koja se bavi širokim spektrom problema iz prakse poduzeća. Drugo, linearna analiza aktivnosti izborila si je zapaženo mjesto u raspravama o ekološkoj zaštiti, jer se mnogobrojni autori služe tehnikom prikaza koja se oslanja na analizu aktivnosti. Treće, pristalice linearne analize aktivnosti tvrde da vladaju zrelom aksiomatskom teorijom proizvodnja iz koje se mogu izvesti ostale specijalizacije i stavovi.

5 O neuspjelom pokušaju da se energija izuzme iz fondova proizvodnje K i da se kao samostalan proizvodni faktor uvede u funkciju proizvodnje izvještava Gereke, Z.: Modeliranje energetike i životne sredine, Privredna štampa, Beograd 1982, str. 22

6 Steven, M., idem, str. 516

7 Zelewski, S.: Umweltschutz als Herausforderung an die produktionswirtschaftliche Theorienbildung, u časopisu Zeitschrift für Betriebswirtschaft, br. 4, Gabler Wiesbaden 1993, str. 325

3. LINEARNA ANALIZA AKTIVNOSTI I LINEARNO PROGRAMIRANJE

3.1. Aktivnost

Linearna analiza aktivnosti je kako u znanosti o ekonomici produzeća tako i u znanosti u ekonomici narodne privrede glavna teorijska osnova i instrument teorije proizvodnje. Polazeći od radova Koopmansa (1951) i Debreua (1959) linearna analiza aktivnosti se postavlja kao temelj za mirkoekonomsku teoriju ravnoteže, a isto tako služi u povezivanju s metodom linearnog programiranja u obrazlaganju teorije proizvodnje i planiranju proizvodnje.

Doprinos linearne analize aktivnosti sastoji se u tome da se teorija proizvodnje aksiomatizira i da se bitni stavovi teorije proizvodnje deduciraju na manji broj plasibilnih premisa. Iako taj sustav premisa ne obuhvaća eksterne efekte i utjecaj okruženja na proizvodnju, ipak ih je moguće uz manju modifikaciju uzeti u obzir i uključiti u okvire analize linearnih aktivnosti.

Ishodišna točka linearne analize aktivnosti je pojam aktivnost.[8] Aktivnost je kombinacija količinskog ulaganja faktora $r=(r_1,...,r_n)$ uz koju se ostvaruje količina outputa x.

Aktivnost $y^o = (r^o,x^o)$ predstavljena kao točka u prostoru R^{n+1} je efikasna ako ne postoji neka druga aktivnost $y = (r,x)$ kod koje bi vrijedilo:

$r^o > r \qquad x^o < x$

i $x^o < x$

ili $r_{io} > r_i$ barem za jedan i

3.2. Svojstva linearnih tehnologija

Skup T tehnički mogućih aktivnosti zove se skup tehnologije. Postavimo nekoliko osnovnih svojstava skupa tehnologije iz kojih se mogu izvesti postavke za linearnu analizu aktivnosti koje služe u teoriji proizvodnje.

Postulat I: *Proporcionalnost*

Ako je y^o moguća aktivnost s obzirom na tehnološke zahtjeve,

$$y^o = (r^o,x^o) \in T$$

tada je svaka aktivnost

$$\lambda y^o = (\lambda r_{1o},..., \lambda r_{no}, \lambda x^o) \in T \text{ i } \lambda > 0$$

isto tako moguća.

Budući da λ poprima ne-negativne vrijednosti, uvjetuje postulat I neograničenu djeljivost faktora proizvodnje i proizvoda. Sve točke proizvodnje koje se realiziraju proporcionalnim povećanjem svih faktora ulaganja mogu se shvatiti kao tehnološki moguće; skup svih tih aktivnosti označavamo kao proces proizvodnje.

Postulat II: *Aditinost*

Uz svaki par aktivnosti $y^1 = (r^1,x^1) \in T$ i $y^2 = (r^2,x^2) \in T$ pripada i aktivnost $y = y^1 + y^2 = (r^1 + r^2, x^1 + x^2)$ iz istoj tehnologiji.

Aditivnost i proporcionalnost omogućavaju da se realiziraju kombinacije ulaganja faktora i outputa koje se u pojedinačnim procesima ne mogu postići. To se postiže npr. konveksnom linearnom kombinacijom dvije točke proizvodnje: $y = \alpha y^1 + (1-\alpha)y^2 \quad 0<\alpha<1$

Postulat III: *Free Disposal*

Moguće je ulaganje faktora bez outputa.

$y = (r,0) \in T$ za sve $r > 0$

Tehnologija koja zadovoljava postulate I - III zove se linearna tehnologija. Iako linearna analiza aktivnosti formulira slučaj s više proizvoda, ograničit ćemo se ovdje na slučaj poduzeća koje proizvodi jedan proizvod jer se u tom slučaju mogu prikazati bitni događaji. Aktivnost $y^k = (r^k,x)$ se radi postulata proporcionalnosti može normirati tako da se količine faktora ulaganja dijele s outputom tako da su aktivnosti karakterizirane s koeficijentom proizvodnje:

$$a_{ik} = \frac{r^k}{x}, \ (k=1,...,l), \ (i=1,...,n) \qquad (17)$$

Obuhvate li se koeficijenti proizvodnje svih aktivnosti matricom tehnologije:

$$A = \begin{bmatrix} a_1^1 & .... & a_1^l \\ a_n^1 & .... & a_n^l \end{bmatrix} \qquad (18)$$

i označimo s:

$$z = (z_1,...,z_l) \qquad (19)$$

vektor razine čiji elementi pokazuju u kojem se opsegu koriste aktivnosti k = 1,...,l, takda je skup tehnologije dan s

$$T = \{(r,x) \in R_+^{n+m} ; Az < r; \ lz < x; z \in R_+^l\} \qquad \mathbf{(20)}$$

s vektorom sumiranja $l = (1, 1, ..., 1)$.

8 Više o toj problematici u Koopmans, T.C.: Tri eseja o stanju ekonomske znanosti, Ekonomska biblioteka Centra za kulturnu djelatnost Zagreb 1982.

3.3. Linearna analiza aktivnosti i neoklasična teorija proizvodnje

Skup linearnih tehnologija interpretira se geometrijski kao konveksni stožac. Uobičajeno je da se svojstva linearnih tehnologija istražuju pomoću konveksnih stožaca.[9] Budući da se linearno programiranje približava ekonomskom načinu razmišljanja potrebno je u razmatranje uvesti alternativna svojstva linearnih tehnologija na temelju parametarskog linarnog programiranja. Oslanjamo se ovdje na rad[10] koji pokazuje da se svojstvo fukcije proizvodnje koja pripada linearnoj tehnologiji mogu izvesti uz izvjesne modifikacije iz skupa rješenja sljedećeg parametarskog linearnog programa:

$$x = \sum_{n=1}^{l} z_k \quad \max$$

$$\sum_{k=1}^{l} a_i^k z_k \leq r_i + tr_i \qquad i = 1, ..., n \qquad (21)$$

$$z_k \geq 0 \qquad k = 1, ... l$$

Parametarsko linearno programiranje omogućava da se iz postulata linearne analize aktivnosti o odnosima između faktora ulaganja i outputa izvedu iskazi koji se mogu uspoređivati s premisama neoklasične teorije proizvdnje. Posebno vrijede sljedeći stavovi:

(1) Konstantnost opsega prinosa

Proporcionalno povećanje svih faktora ulaganja za λ puta znači povećanje otuputa isto tako za λ puta. Kod linearne tehnologije i pri totalnoj promjeni faktora ulaganja je funkcija proizvdnje linearno homogena.

(2) Zakon prinosa

Kada se radi o parcijalnim promjenama faktora, funkcija proizvodnje opisuje vezu između uloženih količina varijabilnog faktora r_j i maksimalnog outputa x kod zadanih stanja r_i. Radi posulata III nije potrebno da se faktor ri koristi u potpunosti. Isto tako kod promjene količine jednog faktora pri konstantnosti svih ostalih granična je produktivnost ne-negativna, ali se ne povećava pri povećanju količina faktora ulaganja.

(3) Opadajuća granična stopa supstitucije

Ako su količine ostalih faktora konstantne, mora se povećati ulaganje varijabilnog faktora j ako se reducira faktora i da bi se output zadržao na istoj razini.

Dokaz za ova tri stava nalazi se u stvari u sljedećim rezultatitm linearnog parametarskog programiranja:

(1) Dualne varijable w_j pokazuju kako reagira vrijednost funkcije cilja - ovdje se radi o outputu - na promjenu konstantnog ograničenja. Stoga se one mogu interpretirati kao granične produktivnosti.

(2) Parametri ograničenja kreću se unutar jednog intervala.

(3) Postoji konačno mnogo kritičnih točaka u kojima se skokovito mijenja struktura rješenja i vrijednost dualnih varijabli.

(4) Postoje parametarski intervali u kojima se pri promjeni parametara ne mijenja ni struktura rješenja, niti vrijednost dualne varijable.

(5) U kritičnim točkama su vrijedenosti dualnih varijabli višeznačne, vrijede za lijevu i desnu stranu parametraskog intervala.

(6) Funkcija cilja je u parametarskom intervalu konkavna u problemu maksimuma, konveksna je kod problema minimuma. U intervalu između dvije kritične točke je linearna.

Ova razmatranja pokazuju da tri važna svojstva (konstantnost opsega, prinosa, nakon prinosa, opadajuća granična stopa supstitucija) mogu izvesti iz postulata linearne analize aktivnosti. Bitna razlika između dva teorijska postupka je u tome, što linearna analiza aktivnosti polazi od konačnog broja aktivnosti, tako da su granične produktivnosti kao i granične stope supstitucije djelomično konstantne, a u konačnom broju kritičnih točaka skokovito opadaju; neoklasična teorija pretpostavlja da su obje veličine monotone i opadajuće.

4. UTJECAJ PRIRODNOG OKRUŽENJA U LINEARNOJ ANALIZI AKTIVNOSTI

4.1. Modifikacija linearne analize aktivnosti

Teorija linearne analize aktinosti temelji se na hipotezi po kojoj se odnosi u proizvodnji mogu realizirati tek ako involvirani faktori ulaganja i količine outputa zadovoljavaju uvjete efikasnosti. To znači da se relacije u proizvodnji ostvaruju tek onda kada nisu

9 Više o tome Koopemans, T.C., idem

10 Kistner, K.P.: Zur Erfassung von Umwelteinflüssen der Produktion in der linearen Aktivitätsanalyse u časopisu Wist br. 8, Verlag Vahlen-Beck, München, Frankfurt 1983, str. 390

poznate bolje alternative proizvodnje koje bi kod konstantnog ulaganja kapitala dale veći output ili ostvarile konstantan output ali s manjim ulaganjima faktora. Ako se međutim uzmu u obzir aspekti zaštite prirodnog okruženja, onda se u teoriju linearne analize aktivnosti moraju uključiti količine nepoželjnih dobara ili kao nepoželjni faktor ulaganja. Iako nepoželjna (škodljiva) dobra bilo na strani outputa ili na strani faktora ulaganja proturječe temeljnoj hipotezi efikasnosti,[11] iako postulati linearne analize aktivnosti stoje u izvjesnoj mjeri u suprotnosti s potrebom da se opterećenje prirodne sredine štetnim emisijama u proizvodnji ograniči ipak postoje razne mogućnosti da se neželjene konsekvence tih postulata ublaže uvođenjem daljnjih nuz-uvjeta. Tako npr. Kistner[12] uzima u obzir pravne i institucijske uvjete u koje spadaju gornje granice emisije koje su uvjetovane proizvodnjom. Kistner istražuje učinke uračunavanja štetnih emisija u proizvodnju. One se pojavljuju kao neželjeni vezani proizvod u čvrstoj vezi s glavnim proizvodom; one se mogu reducirati putem aktivnosti rasterećivanja kako bi se očuvale gornje granice emisije štetnih tvari.

Različiti utjecaji proizvodnje na prirodnu sredinu mogu se u okviru linearne analize aktivnosti obuhvatiti na sljedeći način:[13]

(1) Korištenje dobara iz prirodnog okruženja, npr. sirovine, tlo eksplicitno preko faktora ulaganja.

(2) Korištenje prirodnog okruženja kao medija koji preuzima štetne tvari koje se pojavljuju uz nepoželjne proizvode odražava se u vekoru količine proizvda x. Na štetne tvari gleda se kao na vezani proizvod.

(3) Oskudnost pojedinih sirovina kao faktora ulaganja i ograničeni kapaciteti okruženja da primi štetne tvari mogu se uzeti u obzir. Odgovarajuće komponente prirodnog okruženja r_i i x_j daju gornje granice koje onda ograničavaju dopuštene aktivnosti.

(4) Različite mjere zaštite prirodnog okruženja mogu se uvrstiti u skup tehnoloških aktivnosti da bi se preko kombinacije procesa zajedno s prvotnim aktivnostim utjecalo na efekte redukcije sirovine odnosno emitirane štetne količine tvari.

(5) Promjena tehnologije u tijeku vremena, odnosno procesi učenja, mogu se uzeti u obzir na taj način da se promjene koeficijenti proizvodnje i dodaju novom procesu proizvodnje.

Moglo bi se utvrditi da linearna analiza aktivnosti pruža dobru mogućnost da se obuhvati djelovanje proizvodnje na prirodno okruženje i pored toga što na putu stoje neke prepreke.

4.2. Model

Približimo si sada dio problematike ilustrativnim modelskim pristupom.[14]

(1) Proizvodi se jedan konačni proizvod u količini x.

(2) Na raspolaganju je l procesa proizvodnje k = 1,...,l. Razina procesa neka je z_k.

(3) Za proizvodnju je potrebno i=1,...,n faktora proizvodnje. Kapaciteti faktora su r_i, koeficijenti proizvodnje su a_{ik} (i=1,...,n, k=1,...,l).

(4) U obzir se uzima j=1,...,m vrsta emisije za koje je data granica u_j.

(5) Emisije koje su vezane za pojedine procese proizvodnje su proporcionalne razini procesa, koeficijenti spona su b_{jk}.

(6) Za ograničavanje emisija stoje na raspolaganju aktivnosti (Disposal) s=1,...,t, čije su razine v_s. Koeficijenti trošenja faktora su d_{is} (i=1,...,n, s=1,...,t), koeficijenti poništavanja su c_{js} (j+1,...,m, s=1,...,t).

Sada je moguće postaviti sljedeći linearni program koji bi maksimizirao output x kod zadanih kapaciteta faktora ulaganja i granica emisije:

$$x = \sum_{n=1}^{l} z_k \quad \max \qquad (22)$$

$$\sum_{k=1}^{l} a_i^k z_k + \sum_{s=1}^{t} d_i^s v_s \leq r_i \qquad (i = 1, ..., n)$$

(kapaciteti faktora)

$$\sum_{k=1}^{l} a_j^k z_k - \sum_{s=1}^{t} d_i^s v_s \leq u_j \qquad (j = 1, ..., m)$$

(granice emisije)

$$z_k \geq 0 \qquad (k=1,...,l)$$

$$v_s \geq 0 \qquad (s=1,...,t)$$

11 Ovu tvrdnju obrazlaže temeljitije Zelewski, S., idem, str. 326.

12 Kistner, K.P., idem str. 389.

13 Kistner, K.P., idem str. 391-393.

14 Kistner, K.P., idem str. 391-393.

Numerički primjer oslanja se na sljedeće podatke: broj procesa proizvodnje je l=8, broj faktora proizvodnje je n=5. Koeficijenti proizvodnje dani su u matrici

$$A=\begin{bmatrix} 4 & 2.5 & 2 & 1 & 1.6 & 1 & 5 \\ 1 & 2 & 2 & 1 & 2 & 3 & 1 \\ 4 & 2 & 3 & 2 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 5 & 2 & 3 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Kapaciteti faktora dani su vektorom r = (175 130 225 180 80)

U proizvodnji se javljaju emisije dvije štetne tvari (j=1,2) čije su granice emisije $u_1=20$, $u_2=25$, koeficijenti spone b_{jk} su dani matricom B

$$B=\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0.5 & 1 & 3 & 2 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0.5 & 2 & 0 & 0 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Poduzeće ima tri aktivnosti (Disposal) (s=1,2,3) čiji su koeficijenti utroška faktora d_{is} i koeficijenti poništavanja c_{js} dani u matricama

$$D=\begin{bmatrix} 4 & 1 & 0 \\ 1 & 5 & 2 \\ 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 2 \\ 1 & 1 & 4 \end{bmatrix} \qquad C=\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ -2 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

Rješenje linearnog programa (22) dato je u tabeli 1. dok tabele 2 i 3 daju rješenja za situacije u kojima su svi faktori r_i povećani za 1% odnosno 10%. Parametarsko programiranje bi pokazalo da funkcija proizvodnje najprije raste u segmentima i to linearno s opadajućim opsegom prinosa a zatim s konstantnim opsegom prinosa.

U sljedećim tabelama treba zamijeniti varijable i to $x_k = z_k$, $y = v_s$.

Tabela 1.

Simbleks metoda - rezultati

Summarized Results for p — Page: 1

Variables No	Variables Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No.	Variables Names	Solution	Opportunity Cost
1	X1	0.2016	0.0000	10	Y	0.0000	0.6048
2	X2	0.0000	0.1169	11	Y	1.2097	0.0000
3	X3	59.3548	0.0000	12	S1	0.0000	0.1371
4	X4	0.0000	0.1613	13	S2	0.0000	0.2339
5	X5	0.0000	0.3242	14	S3	22.3790	0.0000
6	X6	0.0000	0.2661	15	S4	146.3710	0.0000
7	X7	6.9355	0.0000	16	S5	0.0000	0.0081
8	X8	0.0000	0.4274	17	S6	0.0000	0.2097
9	Y	8.6694	0.0000	18	S7	0.0000	0.2903

Maximum value of the OBJ = 66.49494 Iters. = 7

Sensitivity Analysis form OBJ Coefficients — Page: 1

C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	0.9730	1.0000	1.2308	C(7)	0.8750	1.0000	1.3056
C(2)	-Infinity	1.0000	1.1169	C(8)	-Infinity	1.0000	1.4274
C(3)	0.8632	1.0000	1.0227	C(9)	-0.4658	0.0000	0.0476
C(4)	-Infinity	1.0000	1.1613	C(10)	-Infinity	0.0000	0.6048
C(5)	-Infinity	1.0000	1.3242	C(11)	-0.0278	0.0000	0.8333
C(6)	-Infinity	1.0000	1.2661				

Tabela 1.

Simbleks metoda - rezultati

Sensitivity Analysis for RHS						Page: 1	
B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	172.2222	175.0000	193.7500	B(5)	79.3243	80.0000	131.1905
B(2)	46.3636	130.0000	130.5814	B(6)	19.7340	20.0000	36.5179
B(3)	202.6210	225.0000	+Infinity	B(7)	3.5000	25.0000	25.7813
B(4)	33.6290	180.0000	+Infinity				

Tabela 2.

Simpleks metoda - rezultati

Summarized Results for pp						Page: 1	
Variables No	Variables Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No.	Variables Names	Solution	Opportunity Cost
1	X1	0.1165	0.0000	10	Y	0.0000	0.6048
2	X2	0.0000	0.1169	11	Y	1.2242	0.0000
3	X3	59.9371	0.0000	12	S1	0.0000	0.1371
4	X4	0.0000	0.1613	13	S2	0.0000	0.2339
5	X5	0.0000	0.3242	14	S3	22.9101	0.0000
6	X6	0.0000	0.2661	15	S4	147.6524	0.0000
7	X7	6.9887	0.0000	16	S5	0.0000	0.0081
8	X8	0.0000	0.4274	17	S6	0.0000	0.2097
9	Y	8.8609	0.0000	18	S7	0.0000	0.2903
		Maximum value of the OBJ = 67.04234			Iters. = 7		

Sensitivity Analysis form OBJ Coefficients						Page: 1	
C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	0.9730	1.0000	1.2308	C(7)	0.8750	1.0000	1.3056
C(2)	-Infinity	1.0000	1.1169	C(8)	-Infinity	1.0000	1.4274
C(3)	0.8632	1.0000	1.0227	C(9)	-0.4658	0.0000	0.0476
C(4)	-Infinity	1.0000	1.1613	C(10)	-Infinity	0.0000	0.6048
C(5)	-Infinity	1.0000	1.3242	C(11)	-0.0278	0.0000	0.8333
C(6)	-Infinity	1.0000	1.2661				

Sensitivity Analysis for RHS						Page: 1	
B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	175.1443	176.7500	195.7250	B(5)	80.4094	80.0000	133.1214
B(2)	46.8432	131.3000	131.6361	B(6)	19.8463	20.0000	36.9098
B(3)	204.3399	227.2500	+Infinity	B(7)	3.3350	25.0000	25.4516
B(4)	34.1476	181.8000	+Infinity				

Tabela 3.

Simpleks metoda - rezultati

Summarized Results for ppp							Page: 1
Variables No	Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No.	Names	Solution	Opportunity Cost
1	X1	0.0000	0.2308	10	Y	0.2477	0.0000
2	X2	0.0000	0.0769	11	Y	1.4108	0.0000
3	X3	64.3385	0.0000	12	S1	0.0000	0.1538
4	X4	0.0000	0.1538	13	S2	0.0000	0.1538
5	X5	0.0000	0.7846	14	S3	27.5477	0.0000
6	X6	0.0000	0.4615	15	S4	159.3892	0.0000
7	X7	7.5077	0.0000	16	S5	0.0000	0.0769
8	X8	0.0000	0.6154	17	S6	0.0000	0.3846
9	Y	10.2631	0.0000	18	S7	0.0000	0.2308
Maximum value of the OBJ = 71.84615				Iters. = 7			

Sensitivity Analysis form OBJ Coefficients							Page: 1
C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)	C(j)	Min. C(j)	Original	Max. C(j)
C(1)	-Infinity	1.0000	1.2308	C(7)	0.8276	1.0000	1.5000
C(2)	-Infinity	1.0000	1.0769	C(8)	-Infinity	1.0000	1.6154
C(3)	0.8780	1.0000	3.1429	C(9)	-0.4658	0.0000	0.3817
C(4)	-Infinity	1.0000	1.1538	C(10)	-1.1628	0.0000	0.6048
C(5)	-Infinity	1.0000	1.7846	C(11)	-0.2907	0.0000	0.8065
C(6)	-Infinity	1.0000	1.4615				

Sensitivity Analysis for RHS							Page: 1
B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)	B(i)	Min. B(i)	Original	Max. B(i)
B(1)	127.0980	192.5000	201.4444	B(5)	82.6686	80.0000	90.1757
B(2)	141.1279	143.0000	170.7879	B(6)	-65.3469	20.0000	20.8564
B(3)	219.9523	247.5000	+Infinity	B(7)	22.4844	25.0000	70.6918
B(4)	38.6108	198.0000	+Infinity				

5. TEORIJA OBLIKA PRILAGOĐAVANJA

Osnovni koncept primjene ove teorije vodi računa o uvođenju tehničkih varijabli u disagregiranu proizvodnju. Pogonsko sredstvo karakterizirano je specifičnim tehničkim svojstvima koja se uzimaju kratkoročno kao konstante (z-situacija)[16] a količina outputa x zavisi od izabranih oblika prilagođavanja kao što su npr. vremensko, kvantitativno. U središtu istraživanja je Gutenbergerova funkcija proizvodnje kao podloga troškova određene količine outputa kod optimalnog izbora prilagođavanja, a koji se vrednuje preko cijena faktora ulaganja. Ovi pristupi mogu voditi do povezivanja s rezultatima operacijskih istraživanja, posebno kada se radi o planiranju proizvodnje ili optimalizaciji oblika prilagođavanja. Mogu se spomenuti problemi planiranja proizvodnje pomoću mješovitog cjelobrojnog programiranja.

16 Fandel, G., idem str. 102

U okviru teorije oblika prilagođavanja mogli bi se obuhvatiti različiti aspekti prirodnog okruženja:[17]

(1) Ovdje se pojavljuje dobro iz okruženja kao faktor ulaganja za koji postoji funkcija ulaganja i potrošnje kao i funkcija troškova za pojedine oblike prilagođavanja.

(2) Mnogobrojne mjere zaštite okruženja utječu na tehnološke parametre situacije z, tako da nastaju tehnologije druge vrste s promijenjenim koeficijentima proizvodnje.

(3) Postoje različite mogućnosti obuhvaćanja otpada i štetnih tvari koje se pojavljuju kao nepoželjni vezani proizvod za koji se mogu postaviti neke gornje granice.

Općenito bi se moglo primijeniti da su stručne rasprave o teoriji oblika prilagođavanja u toku i da ima mišljenja da će ona uspješno uzeti u obzir ekološke aspekte.

LITERATURA

1. *Babić, M.*: Mikroekonomska analiza, Narodne novine, Zagreb 1987.

2. *Fandel, G.*: Produktion I, Springer Verlag, Berlin 1989.

3. *Gereke, Z.*: Modeliranje energetike i životne sredine, Privredna štampa, Beograd 1982.

4. *Kistner, K.P.*: Zur Erfassung von Umwelteinflüssen der Produktion in der linearen Aktivitatsanalyse, Wist, Vahlen-Beck, München 1983.

5. *Koopmans, T.C.*: Tri eseja o stanju ekonomske znanosti, Ekonomska biblioteka Centra za kulturnu djelatnost Zagreb 1982.

6. *Steven, M.*: Umwelt als Produktionsfaktor?, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Gabler, Wiesbaden, 1991.

7. *Tintor, J.*: Ekonomska naliza poslovanja poduzeća - danas? Ekonomski analitičar, teb, Zagreb 1993.

8. *Zelewski, S.*: Umweltschutz als Herausforderung an die produktionswirtschaftlice Theorienbildung, Zeitschrift für Betriebswirtschaft, Gabler, Wiesbaden 1993.

Dražen Barković, Ph.D.

ECOLOGY ASPECTS IN PRODUCTION THEORY

Summary

The aim of this work is to show the possibility of ecology factors inclusion into the production theory which is being observed in this paper from the position of the neo-classical approach, linear analysis activity and adjustment theory. With the help of linear and parametric programming the links between linear activity analysis and neo-classical production theory are derived being presented by the classical production function. From the natural protection of environment view the advantage is given to the linear activity analysis which reacts to the ecology challenge through its instrumetarium.

17 Steven, M., idem str. 520