

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

MAGISTRSKO DELO

**EKSPERTNI SISTEM
ZA SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA**

Ljubljana, september 2002

Peter Medica

IZJAVA

Študent Peter Medica izjavljam, da sem avtor tega magistrskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom prof. dr. Lojzeta Sočana in komentorstvom doc. dr. Marjana Krisperja in skladno s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah dovolim objavo magistrskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, 15. septembra 2002

Peter Medica

KAZALO:

1. UVOD	1
1.1. NAMEN IN CILJI PROUČEVANJA	2
1.2. ZASNOVA POGLAVIJ	2
1.3. METODOLOŠKI PRISTOP	3
2. O EKSPERTNIH SISTEMIH	4
2.1. ZGRADBA EKSPERTNEGA SISTEMA	5
2.1.1. Baza znanja.....	6
2.1.2. Mehanizmi sklepanja.....	8
2.1.3. Uporabniški vmesnik, pojasnjevalni mehanizem in delovni pomnilnik.....	9
2.2. RAZVOJ EKSPERTNEGA SISTEMA	10
2.3. LUPINA EKSPERTNEGA SISTEMA DEX.....	11
3. MODEL EKSPERTNEGA SISTEMA ZA VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE.	12
3.1. STRUKTURA BAZE ZNANJA MODELA EKSPERTNEGA SISTEMA ZA VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE	14
3.1.1. Kazalci, kriteriji, spremenljivke, vrednosti	14
3.1.1.1. Razvrstitev kriterijev in kazalcev	15
3.1.1.2. Statični opis kriterijev	16
3.1.2. Agregatne funkcije	17
3.2. RAZVOJ MODELA EKSPERTNEGA SISTEMA ZA VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE.....	21
3.2.1. Primer modeliranja z uporabo orodja Dex	21
3.2.2. Razvoj z uporabo orodja Hint.....	23
3.2.3. Kombiniranje obeh pristopov	28
3.3. DINAMIČNE OPERACIJE NAD MODELOM.....	28
3.4. VREDNOTENJE IN ANALIZA VARIANT	30
4. SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA.....	31
4.1. O URAVNOTEŽENEM ALI TRAJNOSTNEM RAZVOJU IN NJEGOVEM MERJENJU	31
4.1.1. Indeks človekovega razvoja.....	32
4.1.2. Seljakov kazalec uravnoveženega razvoja	34
4.1.3. Svetovni letopis konkurenčnosti.....	35

4.1.4. Poročilo o globalni konkurenčnosti.....	36
4.2. MODEL EKSPERTNEGA SISTEMA ZA SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA	37
4.2.1. Izbor kazalcev.....	39
4.2.2. Definicija funkcij koristnosti.....	44
4.2.3. Opis variant	45
4.2.4. Vrednotenje in analiza variant.....	49
4.2.5. Kvantitativni model in vrednotenje	59
4.2.6. Primerjava rezultatov z izbranimi raziskavami	63
4.3. SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA	64
5. SKLEP	69
6. SLOVARČEK SLOVENSКИH PREVODOV TUJIH IZRAZOV.....	70
7. LITERATURA IN VIRI	71

1. UVOD

V zadnjem desetletju, po konferenci Združenih narodov o trajnostnem razvoju leta 1992 v brazilskem Riu, je trajnostni razvoj postal glavni slogan in strateško vodilo večine vlad sveta. Na videz zelo preprosta formula usklajenega ekonomskega, socialnega in okoljskega razvoja, katere rezultat je visoka kvaliteta življenja, morda lahko deluje v najbolj razviti četrtini sveta, preostali svet pa mora razrešiti še veliko temeljnih problemov, od odpravljanja vzrokov domačih političnih, socialnih ali ekonomskih kriz do celovite tehnološko-inovacijske prenove gospodarstva in razvoja materialne in nematerialne infrastrukture, da bi se nekoč priključili najrazvitejšim. Njihove razvojne napore vsako leto meri več mednarodnih in nacionalnih institucij, ki so razvile številne indekse spremljanja razvoja in njegovih komponent. Nekatere institucije merijo sposobnost držav za aktivno sodelovanje v globalnem konkurenčnem gospodarskem okolju (ekonomski vidiki razvoja), druge zbirajo demografske in socialne indikatorje razvoja (socialni vidiki razvoja), tretje so se usmerile v spremljanje obremenjenosti okolja in prostora (okoljski vidiki razvoja), vse več pa je tudi poskusov razvoja enotnega indeksa trajnostnega razvoja. Te institucije so razvile obsežen nabor kazalcev oz. indikatorjev razvoja, kar ob vse večji dostopnosti specializiranih baz podatkov nudi različne možnosti raziskovanju vzvodov sodobnega razvoja in njihovih medsebojnih povezanosti. Skupna značilnost večine indeksov je, da pri svojem izračunu upoštevajo globalno ureditev, ki jo zapovedujejo najrazvitejše države sveta, in ne upoštevajo različnih stopenj razvitosti posameznih držav. Napačno interpretirani indeksi lahko pomenijo tudi neustrezno razvojno politiko nerazvitih, še posebej, če jim jo zapovedujejo predstavniki mednarodnih institucij.

Z razvojem vede o pojasnjevanju, kot so strokovnjaki poimenovali umetno inteligenco (Kodratoff v Krisper, 1989, str. 17), se je razširila tudi uporabnost ekspertnih sistemov, računalniških programov, ki posnemajo delo izvedencev in na podlagi vanje vnesenih podatkov in pravil sklepanja podajo končno oceno, ki jo lahko razumemo odvisno od namena uporabe kot kazalec stanja, napoved, koristnost ali drugo lastnost predmetov obravnave. Ekspertni sistemi so široko uporabljeni na nekaterih, navadno zelo specializiranih področjih posameznih znanosti, še posebej v medicini¹. Za te ekspertne sisteme velja, da so bili razviti izključno za uporabo na zelo ozkem področju. Širšo uporabo so omogočile lupine ekspertnih sistemov, v kateri so že zapisana pravila sklepanja, naloga uporabnikov pa je le, da v sistem na ustrezen način zapišejo svoje znanje. Sodobne lupine ekspertnih sistemov, npr. Dex, to delo precej poenostavijo.

Kaže, da najpomembnejše mednarodne institucije, ki spremljajo in merijo stopnjo razvoja držav, kot so OZN idr., še niso odkrile uporabnosti ekspertnih sistemov pri vrednotenju, še posebej pa pri pojasnjevanju vzrokov rezultatov vrednotenja, saj na njihovih spletnih

¹ Prav za nekatere specializacije v medicini so bili razviti tudi najbolj znani ekspertni sistemi, npr. Mycin.

straneh in v literaturi ni mogoče najti nobenega primera uporabe ekspertnih sistemov za merjenje, spremljanje ali napovedovanje družbenega in ekonomskega razvoja. Njihove analize temeljijo na kvantitativnih metodah, največkrat z uporabo povprečij. Nasprotno so bili v Sloveniji že konec osemdesetih razviti prvi sistemi za podporo strateškemu vodenju na narodnogospodarski ravni (glej Sočan in Krisper, 1989 in 1990) ter za spremljanje kvalitativne preobrazbe držav v družbo znanja in spremljanje družbenega razvoja (glej Krisper, 1989).

1.1. NAMEN IN CILJI PROUČEVANJA

Namen magistrskega dela je razvoj kvalitativnega modela ekspertnega sistema za spremljanje in merjenje trajnostnega razvoja. Skupna značilnost tako razvitega modela s klasičnimi je v njegovi hierarhični strukturi, razlika pa v uporabi kvalitativnih podatkov in odločitvenih pravil namesto statističnih izračunov. Model naj bi omogočil vrednotenje trenutnega razvojnega stanja in primerjalno analizo razvojnih prednosti in pomanjkljivosti obravnavanih držav oz. skupin držav z identifikacijo najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na končno oceno. Ti dejavniki lahko služijo kot osnova za pripravo scenarijev trajnostnega razvoja, ki jih testiramo v modelu, da bi ugotovili, kakšne razvojne vzvode je potrebno uveljaviti, da se obravnavana država oz. skupina držav povzpne na lestvici razvitosti. Model naj bi omogočal vrednotenje tako pripravljenega scenarija ob različnih verjetnostih njegovega uresničevanja.

Model, ki bi izpolnjeval te zahteve, bi predstavljal orodje za učinkovito vodenje in spremljanje nacionalnih razvojnih politik posameznih držav in bi omogočal vpogled v dejavnike, ki najbolj prispevajo k razvojnem zaostajanju oz. razvojnem prehitevanju neke družbe.

1.2. ZASNOVA POGLAVIJ

Magistrsko delo je razdeljeno v štiri poglavja. Prvemu, uvodnemu, sledi poglavje, v katerem predstavim ekspertne sisteme in njihove glavne lastnosti glede na druge sisteme v okviru sistemov za ravnanje z informacijami. Sledi predstavitev komponent ekspertnih sistemov, od katerih podrobneje opišem dve najpomembnejši. Ti sta baza znanja, kjer predstavim največkrat uporabljene formalizme za zapis znanja, in mehanizme sklepanja. V nadaljevanju opišem razvoj ekspertnega sistema, poglavje pa se zaključuje s predstavitvijo lupine ekspertnega sistema Dex, ki sem jo uporabil za razvoj modela za simulacije trajnostnega razvoja.

Tretje poglavje se začne s predstavitvijo hierarhičnih modelov za večkriterijsko odločanje. Podrobneje predstavim strukturo baze znanja, kazalce oz. spremenljivke, ki jih statično opišem, in agregatne funkcije, ki nastopajo v bazi znanja. V drugem podpoglavju opišem dva pristopa k razvoju modela ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje, ki ju lahko označimo kot ročni (z uporabo orodja Dex) in strojni (z uporabo orodja Hint). Sledi predstavitev dinamičnih operacij, ki so možne nad modelom, kjer opišem potrebne postopke, ki se morajo v modelu sprožiti pri določenih zahtevah uporabnika, kot so dodajanje ali odstranjevanje spremenljivke v model ali vrednosti v njeni zalogi vrednosti. V zadnjem podpoglavju opišem proces vrednotenja variant in možnosti analize.

V četrtem poglavju najprej predstavim uravnotežen ali trajnosten razvoj in merjenje tega. Podrobneje predstavim štiri indekse: dva indeksa uravnoteženega ekonomskega, socialnega in okoljskega razvoja in dva indeksa konkurenčnosti domačega gospodarstva. Drugo podpoglavje je osrednji del naloge, v njem podrobno opisujem korake pri izgradnji modela ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja z uporabo lupine ekspertnega sistema Dex. Podrobno opišem izbor in strukturo kazalcev, način določanja funkcij koristnosti, opišem variante, predstavim rezultate vrednotenja na ravni štirih korenskih kazalcev, ki predstavljajo področja trajnostnega razvoja, kot sem ga opredelil v delu, in na ravni njihovih podpodročij ter analizo prednosti in pomanjkljivosti Slovenije in držav srednje in vzhodne Evrope glede na skupino razvitih severnoevropskih držav. Poglavje zaključuje del, v katerih opišem dva primera scenarija strateškega razvoja in primerjam rezultate v primeru njihove uresničitve z izhodiščnimi.

1.3. METODOLOŠKI PRISTOP

Osnova predstavitve ekspertnih sistemov je analiza razpoložljive literature. Razvoj ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja sem zasnoval na hierarhičnih ekspertnih sistemih za večkriterijsko odločanje. Predstavljeni so formalni opisi kriterijev in agregatnih funkcij, formalno je opisan tudi model po metodi Decmak, na kateri temelji lupina ekspertnega sistema Dex, v kateri je bil razvit model ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja, predstavim pa tudi metodo funkcijske dekompozicije, ki je osnova metodi za strojno učenje iz učnih primerov Hint.

Osnova za razvoj modela je projekt Simulacije trajnostnega razvoja, ki ga pod vodstvom prof. dr. Lojzeta Sočana izvajamo na Fakulteti za družbene vede. Najpomembnejši cilj projekta je analizirati in izoblikovati shemo in strukturo razvojnega okolja in razvojnega obnašanja srednje in vzhodnoevropskih držav, predvsem Evropski uniji pridruženih članic, s kakršnima bi se te v eni ali dveh generacijah lahko razvojno približale razvitim članicam EU. Projekt temelji na tezi, da bi te države, med njimi tudi Slovenija, morale slediti razvojnemu modelu nadpovprečno uspešnih majhnih severnoevropskih držav, za katere je

značilna visoka stopnja integracije v svetovne ekonomske tokove in visoka stopnja razvojnega konsenza vseh ekonomsko-socialnih partnerjev glede trajne krepitve razvojnih potencialov družbe (Sočan et al., 2002, str. 7). Ta usmeritev je podlaga za izbor v modelu uporabljenih kazalcev razvoja, definiranje funkcij koristnosti in opis variant oz. razvrstitev držav v skupine. Te naloge je opravila izvedenska skupina, pri čemer so bile uporabljene različne statistične metode. Pri izboru kazalcev in njihovem strukturiranju smo upoštevali medsebojno povezanost med posameznimi kazalci, kar smo ugotavljali s korelacijskimi koeficienti med osnovnimi kazalci ter med osnovnimi in izpeljanimi kazalci, razvrstitev držav v skupine pa smo testirali z izračuni koeficientov variacije in s ti. cluster analizo.

2. O EKSPERTNIH SISTEMIH

Ekspertni sistem lahko opredelimo kot inteligentni računalniški program, ki uporablja znanje in procedure sklepanja za reševanje problemov. Vse definicije ekspertnega sistema v literaturi so si enotne, da vsebuje ozko specializirano znanje iz določenega strokovnega področja (problemske oz. raziskovalne domene) in da je zmožen znotraj tega strokovnega področja oblikovati inteligentne odločitve. Posnema torej delovanje izvedenca ali eksperta za to strokovno področje in njegovo sposobnost analiziranja, reševanja in utemeljevanja odločitev znotraj problemske domene. Ekspertni sistemi tako niso splošni reševalci problemov širokega področja, temveč so namenjeni reševanju zaključenih, dobro definiranih problemov.

Literatura ekspertne sisteme uvršča med sisteme, ki temeljijo na znanju (Hart, 1988, str. 7), oz. med sisteme za ravnanje z informacijami. Tako npr. Sauter uvršča ekspertne sisteme na desni konec daljice sistemov za ravnanje z informacijami, saj v nasprotju s sistemi, ki ležijo na levi strani daljice, ne delujejo s preprosto, temveč z visoko specializirano logiko in znajo sami oblikovati odločitev iz problemske domene.

Slika 1: Sistemi za ravnanje z informacijami



Vir: Sauter, 1997, str. 13

Ekspertni sistemi se od klasičnih programskih orodij z vidika uporabnika razlikujejo v tem, da je njihovo obnašanje transparentno in uporabniku razumljivo. Klasična programska

orodja z vidika uporabnika delujejo po načelu črne škatle: uporabnik v program vnese vhodne podatke, črna škatla te podatke skladno z neprepustno vgrajeno logiko obdela in rezultat posreduje uporabniku v obliki izhodnih podatkov. Način, s katerim je program izvajal obdelavo vhodnih podatkov, uporabniku ni znan, prav tako program rezultata ne utemelji. Nasprotno temu ekspertni sistem uporabniku omogoča spremljanje in spreminjanje procesa reševanja problema, zna pa tudi utemeljiti odločitev. Transparentnost ekspertnega sistema omogoča uporabniku razlago rezultatov in analizo, kako bi se rezultat spremenil, če bi vhodne podatke spremenili (»kaj-če«).

Za delovanje ekspertnih sistemov so uporabljene metode umetne inteligence. Praviloma združujejo kvantitativne in kvalitativne informacije, teorijo verjetnosti, teorijo mehkih množic, aritmetiko števil in logična pravila, utemeljena na hevrističnih pričakovanjih. Pri tem so odločitve, ki jih poda ekspertni sistem, praviloma dobre, ne pa nujno tudi optimalne (Zornada, 1999, str. 7).

Ekspertni sistemi se uporabljajo na praktično vseh področjih človekovega delovanja. Ukvarjajo se z različnimi vrstami problemov interpretacije, napovedovanja, diagnosticiranja, oblikovanja, načrtovanja, popravljanja in razhroščevanja, inštrukcij in nadzora. V literaturi je opisana množica primerov uporabe ekspertnih sistemov v ekonomskih in poslovnih odločitvah s področja bančništva in financ, ekonomike podjetja, načrtovanja, trženja, organizacije ipd. (glej npr. Pau et al., 1989).

2.1. ZGRADBA EKSPERTNEGA SISTEMA

Glavni deli ekspertnega sistema so baza znanja, mehanizmi sklepanja in uporabniški vmesnik. Poleg teh treh so v literaturi obsežno obravnavani še pojasnjevalni mehanizem, delovni pomnilnik in vmesnik za zajemanje znanja.

Slika 2: Sestavni deli ekspertnega sistema z medsebojnimi povezavami



Vir: Benfer, Brent in Furbee, 1991, str. 11

2.1.1. Baza znanja

V bazi znanja je shranjeno znanje iz strokovnega področja, ki ga podpira ekspertni sistem. Vsebuje znanje dveh vrst:

- deklarativno znanje, ki opisuje objekte (dejstva in pravila), ki jih obravnava ekspertni sistem in relacije med temi objekti,
- proceduralno znanje, ki vsebuje informacije, kako uporabljamo te objekte, da bi prišli do nekih sklepov in končne rešitve.

Baza znanja je najpomembnejši del ekspertnega sistema, saj velja, da je kvaliteta ekspertnega sistema v glavnem funkcija obsega in kvalitete baze znanja. Znanje je vanjo zapisano v obliki, ki jo ekspertni sistem razume in zna uporabiti za oblikovanje odločitve, za kar uporabljamo različne predstavitvene metode ali formalizme za predstavitev znanja. Znanje mora biti predstavljeno na način, ki omogoča prilagodljivo, hierarhično urejeno, heterogeno in aktivno strukturo zapisa (Forsyth, 1989, str. 127). Prilagodljivost strukture zapisa znanja je potrebna zaradi naknadnega vključevanja novih spoznanj in omogočanja spreminjanja zapisov, hierarhičnost pa zaradi vertikalnih povezav med objekti nadrejenih in podrejenih tipov v bazi znanja. Heterogenost strukture pomeni možnost zapisa tako deklarativnega kot proceduralnega znanja, aktivnost strukture pa možnost povezovanja objektov v bazi znanja s pravili oz. metodami.

Med formalizmi ali metodami za predstavitev znanja prevladujejo simbolične predstavitve, ki jih lahko razvrstimo v štiri glavne vrste:

- produkcijska pravila,
- logična predstavitve,
- semantične mreže,
- okviri.

Najpogosteje uporabljena metoda so produkcijska pravila. Logične relacije med objekti problemskega področja opišemo s pravili tipa »če-potem«, posplošeno torej, če A, potem B, ali, če je izpolnjen pogoj P, velja sklep S s faktorjem zaupanja G. Primer logične relacije je npr.

ČE	je stopnja nepismenosti prebivalstva visoka	IN
	je pričakovano trajanje življenja ob rojstvu kratko	
POTEM	lahko z verjetnostjo 0,9 trdimo, da je država nerazvita.	

Leva stran pravila (A) predstavlja pogoj ali situacijo, v kateri je pravilo uporabno, desna stran (B) pa določa posledico, sklep ali akcijo pravila. Vsaka stran lahko vsebuje več členov, ki so med seboj povezani z logičnimi operatorji IN, ALI in redkeje NE. Produkcijsko pravilo razlagamo v skladu z načelom, ki pravi, da če velja A in da velja, da

iz A sledi B, lahko sklepamo, da velja tudi B. To načelo je osnova izpeljevanja dejstev oz. sklepanja iz aktiviranih produkcijskih pravil. Sklepanje je proces, sestavljen iz dveh korakov, selekcije in aktivacije. V prvem, selekciji, sistem ugotovi, katera pravila so primerna, ter eno od njih izbere za aktivacijo, kjer razlaga izbrano pravilo in iz njegovega jedra izpelje dejstvo, ki ga doda v bazo znanja. Vsa komunikacija poteka preko dejstev v bazi znanja, saj pravila ne morejo neposredno sprožiti drugih pravil.

Produkcijsko pravilo je sestavljeno iz jedra pravila in vzorca. Vzorec je tisti del pravila, ki ga sistem primerja z dejstvi v podatkovni zbirki, jedro pa je del, iz katerega izpeljuje nova dejstva. Pri sklepanju naprej je vzorec leva, jedro pa desna stran pravila, pri sklepanju nazaj pa seveda obratno.

Vsako pravilo predstavlja majhen, relativno neodvisen del znanja, ki je izoliran od ostalih pravil. Dodajanje pravil v bazo znanja in njihovo spreminjanje je relativno enostavno, zapis s produkcijskimi pravili pa podpira transparentnost sistema, saj omogoča odgovarjanje na vprašanja vrste »kako« in »zakaj«. Med glavne pomanjkljivosti te metode predstavitve znanja literatura uvršča zapletenost zank in ponavljanj pri velikem številu pravil ter oteženo predvidevanje vrstnega reda izvajanja pravil (Schmoldt in Rauscher, 1996, str. 40).

Znanje lahko predstavimo tudi z matematično logiko oz. njenim podsistemom, predikatnim računom prvega reda. Znana dejstva in pravila so v skladu s sintaktičnimi pravili tega podsistema aksiomi, rešitev pa izrek, ki ga izpeljemo iz dejstev in pravil. Prednost predikatnega računa so hitri algoritmi za dokazovanje izrekov, ki temeljijo na ti. načelu resolucije oz. ločljivosti, enostavneje pa je tudi definirati relacije in strukturirati podatke. Pomanjkljivost tega tipa predstavitve je pomanjkanje mehanizmov za modeliranje mehkega znanja.

Semantična mreža je struktura, ki predstavlja znanje na način, da ga organizira v vozlišča, med seboj povezana s povezavami. Znanje predstavimo z medsebojno povezanimi vozli, ki označujejo objekte, ki so lahko fizični objekti, množice, situacije ali relacije, povezave med njimi pa označujejo binarne relacije med objekti. Mreže uporabljamo predvsem za naravno opisovanje enostavnih relacij, manj pa za izražanje kompleksnih formul in povezav. Semantične mreže se zato uporabljajo predvsem v sistemih za obravnavanje naravnega jezika in sklepanje nad množicami, pogosto pa tudi v produkcijskih sistemih, pri katerih mreža modelira zveze med produkcijskimi pravili.

Okvir je opis objekta, v katerem je prostor za vsako informacijo o tem objektu. Kot okvir lahko štejemo zbirko med seboj povezanega znanja o določenem strokovnem področju ali njegovem delu, ki lahko vsebuje dejstva, relacije, pravila, dogodke ali privzete vrednosti. Teorija okvirov izhaja iz spoznanja, da človek, ko se nahaja v njemu do tedaj nepoznani situaciji, uporabi znanje, ki je plod izkušenj, povezanih z določenimi situacijami, objekti in

podobno. Namesto da bi temeljito raziskal in analiziral novo situacijo, si v spomin priključ podobne, že poznane situacije, elemente nove situacije pa skuša vključiti v že obstoječo strukturo vedenja o nečem, v ti. okvire. Sistem okvirov je organiziran na podoben način kot semantična mreža. Mreža je tudi tukaj sestavljena iz vozlišč in relacij, organiziranih v hierarhično strukturo. Okviri predstavljajo vozlišča, ki na višjih ravneh hierarhične organizacije predstavljajo splošne koncepte, na nižjih pa specifične primere teh konceptov. Razlika glede na semantične mreže je tem, da je koncept vsakega vozlišča nadalje definiran z zbirko atributov, imenovanih reže. Atributi imajo lahko svoje vrednosti, tj. informacije, s katerimi se reže zapolnjujejo.

2.1.2. Mehanizmi sklepanja

Mehanizmi sklepanja so tisti del ekspertnega sistema, ki upravljajo in nadzorujejo delovanje celotnega ekspertnega sistema. Zadolženi so za aktivno uporabo znanja iz baze znanja, za ravnanje s podatki, ki vstopajo v sistem, in za izpeljevanje ustreznih sklepov. Mehanizme sklepanja v ekspertnem sistemu sestavljajo poizvedovalni postopki in postopki sklepanja, s katerimi ekspertni sistem izvaja iskanje ustreznih rešitev kot svoj rezultat. Njihova glavna lastnost je zmožnost vpogleda v svoje delovanje.

Najpogosteje uporabljeni metodi sklepanja v mehanizmih sklepanja pri zapisu znanja s produkcijskimi pravili sta sklepanje naprej in sklepanje nazaj. Pri sklepanju naprej sistem sklepa induktivno – iz množice znanih dejstev skuša priti do določenega sklepa oz. cilja. S sklepanjem išče končni cilj – neko zadovoljivo rešitev z znanim dejstvom, ki ga primerja z vzorci produkcijskih pravil na levi strani pravila. Če se leva stran ujema z dejstvom, se pravilo aktivira. Aktivirano pravilo v delovni pomnilnik doda novo dejstvo, izpeljano iz jedra oz. desne strani pravila. Izpeljano dejstvo zdaj enakovredno nastopa v procesu sklepanja: pri ponovitvi postopka se lahko sproži pravilo, ki ima na levi strani prav to izpeljano dejstvo. Opisani postopek se ponavlja vse dotlej, dokler v množici produkcijskih pravil še obstajajo pravila, ki se lahko aktivirajo ali dokler mehanizem sklepanja ne izpelje dejstva, ki predstavlja zadovoljivo rešitev (Bezjak, 2002, str. 42). Sklepanje naprej torej ugotavlja, do kakšnih zaključkov pridemo glede na dana dejstva, uporabljamo pa ga, ko ni mogoče vnaprej predvideti, kateri od možnih zaključkov je najprimernejši.

Sklepanje nazaj poteka deduktivno, njegov cilj pa je potrditi ali zavreči pravilnost ciljne hipoteze. Mehanizem sklepanja najprej preveri, ali lahko ciljno hipotezo potrdi z dejstvom v delovnem pomnilniku, sicer išče pravilo, ki hipotezo lahko potrdi. Takšno pravilo ima na svoji desni strani vzorec, ki je enak ciljni hipotezi, levo stran pa potrjujejo dejstva iz delovnega pomnilnika. Če se leva stran izenači z dejstvi iz delovnega pomnilnika, je sklepanja konec in mehanizem sklepanja potrdi pravilnost ciljne hipoteze. V nasprotnem primeru levo stran razume kot podcilj, ki ga poskuša potrditi na enak način kot ciljno hipotezo. Postopek ponavlja, dokler mehanizem sklepanja ne potrdi vseh podciljev ali

dokler ne zmanjka pravil, s katerimi bi podcilje potrdil. Pravilnost ciljne hipoteze je dokazana, ko so dokazani vsi podcilji, sicer ciljne hipoteze ni mogoče potrditi. Običajno so sistemi s sklepanjem nazaj učinkovitejši od sistemov s sklepanjem naprej, saj težijo k reduciranju iskalnega prostora in tako običajno hitreje pridejo do rešitve (Tričkovič-Rifelj, 2002, str. 13), uporabljamo pa ga, kadar obstaja manjše število ciljev oz. zaključkov, ki jih je možno določiti vnaprej.

Številni ekspertni sistemi uporabljajo poleg teh dveh vrst sklepanja tudi njuno kombinacijo.

Ekspertni sistemi podpirajo tudi sklepanje na osnovi nepopolnih ali nezanesljivih informacij in ko morda tudi sama pravila veljajo le z določeno stopnjo zaupanja. Praviloma omogočajo verjetnostno sklepanje, ko lahko uporabnik izrazi stopnjo negotovosti oz. verjetnosti za posamezna dejstva ali podatke, vse bolj pa se uveljavlja tudi uporaba teorije mehkih množic.

V ekspertnih sistemih je znanje ločeno od uporabljenih algoritmov. Ločevanje znanja in nadzornih elementov sistema omogoča uporabo istih mehanizmov sklepanja znotraj različnih problemskih domen. Pri tem je mogoče uporabiti tudi vse ostale sestavne dele ekspertnega sistema, razen baze znanja in specifičnih struktur posameznega sistema. Takšno ogrodje imenujemo tudi lupina ekspertnega sistema, katere uporaba je zaradi velike poenostavitve razvoja sistema danes zelo razširjena.

2.1.3. Uporabniški vmesnik, pojasnjevalni mehanizem in delovni pomnilnik

Uporabniški vmesnik ekspertnega sistema skrbi za udobno sporazumevanje med sistemom in (neveščim) uporabnikom, ki mu omogoča vpogled v proces reševanja problema, ki ga izvajajo mehanizmi sklepanja. Uporabniški vmesnik prevaja podatke, ki jih poda uporabnik, v obliko, primerno za računalniško obdelavo, sklepe in pojasnila, ki jih poda sistem, pa predstavi uporabniku v razumljivi pisni ali grafični obliki. Navadno omogoča tudi interakcijo z okoljem in drugimi sistemi, npr. zunanji bazami podatkov. Najpogostejši vmesniški načini, ki jih uporabljajo ekspertni sistemi, so vprašanja in odgovori, meniji, hipertekst, naravni jezik, grafični vmesniki ipd.

Uporabniški vmesnik je eden od najbolj kritičnih elementov ekspertnega sistema, saj slab uporabniški vmesnik lahko vodi v omejeno ali neučinkovito uporabo. Tudi oblikovanje uporabniškega vmesnika je na splošno zahtevnejše kot pri običajnih računalniških aplikacijah, saj so informacije, ki se izmenjujejo med uporabnikom in sistemom, navadno kompleksnejše, procesiranje, ki ga sistem izvaja, pa zahtevnejše.

Naloga pojasnjevalnega mehanizma je na uporabnikovo zahtevo prikazati verigo sklepanja. Ta predstavlja pot (izvedene akcije in njihovo zaporedje), po kateri je sistem prišel do rešitve problema, s čimer omogoča analizo procesa reševanja problema. Pojasnjevalni mehanizem uporabniku posreduje utemeljitve sklepov, do katerih je prišel sistem, pojasnila, zakaj sistem potrebuje določene podatke, pri nekaterih sistemih tudi tutorska pojasnila ali globlje teoretične utemeljitve aktivnosti ekspertnega sistema (Tričkovič-Rifelj, 2002, str. 14).

V delovnem pomnilniku je shranjeno trenutno stanje reševanja danega problema: dejstva, ki opisujejo problem, delne ali vmesne rešitve, ki jih lahko sistem, če jih potrebuje, ponovno uporabi, izpeljana dejstva ali na novo vpeljane vrednosti in nazadnje tudi končna rešitev problema.

Vmesnik za zajemanje znanja pomaga izvedencu izraziti znanje na način, ki omogoča njegovo vključitev v bazo znanja. Namenjen je gradnji baze znanja, njenemu vzdrževanju in zagotavljanju njenega razvoja in ponuja različne metode za zajemanje znanja in nadgrajevanje obstoječe baze znanja z novimi pravili in dejstvi.

2.2. RAZVOJ EKSPERTNEGA SISTEMA

Razvoj ekspertnega sistema je obsežen projekt in zahteva skupno sodelovanje vseh sodelujočih v procesu reševanja problema z razvijalci sistema. Ločimo vsaj dve osnovni skupini pristopov k razvoju. V prvo skupino štejemo sisteme, razvite za specifične probleme na osnovi programskih jezikov. Programska razvojna orodja nudijo razvijalcu veliko prilagodljivost pri razvoju ekspertnih sistemov, saj omogočajo nadzor nad uporabljenimi metodami za predstavitev znanja, tehnikami sklepanja, iskalnimi strategijami in načini za obvladovanje negotovosti. Uporaba teh orodij zahteva visoko usposobljenega razvijalca sistema in je zanj navadno potrebnih več časa in sredstev, razvita rešitev pa je težko prenosljiva na drug problem. Drugi način pristopa pa so orodja, razvita kot okvir, znotraj katerega postavljamo posamezne sisteme. Tak okvir, ki že vsebuje mehanizme sklepanja, uporabniški vmesnik in druge module, npr. strukturo za predstavitev znanja, orodje za podporo izgradnji baze znanja, podsistem za pojasnjevanje, uporabniški vmesnik in vmesnike do drugih aplikacij, imenujemo lupina ekspertnega sistema. S tem pristopom dosežemo prenosljivost sistema na različna področja uporabe, saj nam razvoj z uporabo že pripravljene lupine omogoča hitrejšo izdelavo ekspertnega sistema. Pri tem nam programerskih orodij ni potrebno poznati: uporabniški vmesnik nas sam vodi do pravilne postavitve baze znanja na način, da jo bodo znali pravilno uporabljati tudi mehanizmi sklepanja.

V splošnem so glavni koraki razvoja ekspertnega sistema (povzeto po Tričkovič-Rifelj, 2002, str. 15):

- opredelitev problema, v katerem določimo vrste in značilnosti problema, določimo podatke, s katerimi bo sistem delal, določimo kriterije, ki jih mora zadovoljiti rešitev in določimo vse vire, s katerimi bomo razvili ekspertni sistem,
- pridobivanje znanja, ko zajemamo znanje, ga analiziramo in zapišemo z eno od metod za predstavitev znanja,
- gradnja prototipa ekspertnega sistema, v katerem izberemo orodje za gradnjo prototipa in vanj pretvorimo model,
- testiranje prototipa, v katerem ekspertni sistem testiramo zaradi napak v strukturi znanja, ocenjujemo vsebinsko pravilnost baze znanja in sposobnost ekspertnega sistema za reševanje problemov,
- implementacija ekspertnega sistema, ko oblikujemo tak ekspertni sistem, ki zadovoljuje vse tehnične in operative zahteve delovnega okolja, in ga predamo končnim uporabnikom,
- vzdrževanje ekspertnega sistema, ko v celotni dobi njegove uporabe iščemo in odpravljamo morebitne pomanjkljivosti, ki niso bile odkrite v postopku testiranja, iščemo možnosti za izboljšave, bazo znanja pa spreminjamo in dopolnjujemo z novim znanjem.

2.3. LUPINA EKSPERTNEGA SISTEMA DEX

Dex je lupina ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje, v katerem je znanje v bazi znanja zapisano s produkcijskimi pravili, zaloga vrednosti posameznih kriterijev je sestavljena iz opisnih vrednosti, funkcije koristnosti pa so predstavljene z odločitvenimi pravili tipa »če-potem«.

Dex je sestavljen iz dela za pridobivanje in urejanje znanja in dela za oceno in analizo variant. V prvem delu pomaga uporabniku z oblikovanjem drevesa kriterijev in funkcij koristnosti v procesu strukturiranja odločitvenega problema in izražanja preferenc. V pomoč uporabniku sproti preverja konsistentnost definiranih funkcij koristnosti. Drugi del uporablja pridobljeno bazo znanja za oceno in analizo variant. Dex oceni vsako varianto skladno z drevesom kriterijev in odločitvenimi pravili in tako poda za vsako varianto oceno primernosti oz. ustreznosti.

Dex je bil doslej uporabljen pri podpori več deset zahtevnih realnih odločitvenih problemov doma in v tujini. Tipični primeri uporabe so problemi izbire, običajno enkratne narave, in problemi vrednotenja variant, ki so največkrat ponavljajoče se odločitve. Tako je bil Dex uporabljen npr. za razvoj ekspertnega sistema Talent, ki podpira usmerjanje mladine v različne športne panoge na podlagi točno določenih testiranj, za razvoj tržnega

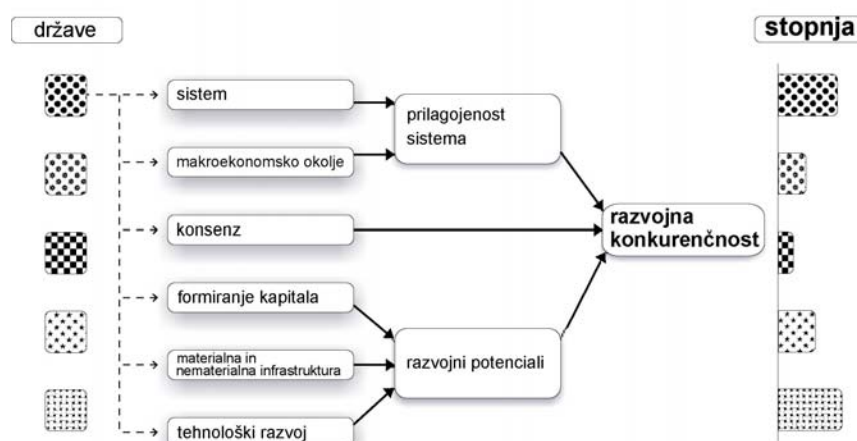
portfelja za vrednotenje programov izobraževalne dejavnosti v podporo pozicioniranju komercialno usmerjenih izobraževalnih programov, za vrednotenje razvojno-raziskovalnih projektov, ki se financirajo iz državnega proračuna, za podporo večkriterijskemu odločanju v medicini idr .

Praktični prikaz korakov pri delu z Dexom sledi v četrtem poglavju, ko predstavim primer izgradnje ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja.

3. MODEL EKSPERTNEGA SISTEMA ZA VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE

Večkriterijsko odločanje običajno razumemo kot proces ocenjevanja, v katerem želimo razviti odločitveni model, ki zna vrednotiti eno ali več variant ali alternativ glede na zastavljene cilje in pričakovanja. Pri reševanju odločitvenih problemov se le redko srečamo s situacijami, ko variante ocenjujemo le po enem kriteriju, oz. ko odločanje podredimo zadovoljevanju le enega cilja. Tako je izbira najcenejšega prenosnega računalnika ob poznavanju cen prenosnikov, med katerimi izbiramo, preprost in enostavno rešljiv problem. Običajno pa nas poleg cene prenosnika zanimajo še njegove druge lastnosti, ki vplivajo na našo odločitev. Večino realnih odločitvenih problemov lahko torej dejansko opišemo le z ustrezno kombinacijo več kriterijev. Te z nekimi funkcijami združujemo v izpeljane kriterije in tako gradimo odločitveno drevo, katerega izpeljani kriterij na najvišjem nivoju predstavlja rezultat odločitvenega problema.

Slika 3: Večkriterijski odločitveni model



Vir: prirejeno po Bohanec, Rajkovič, 1999, str. 487

Večkriterijsko odločanje opišemo s tremi množicami:

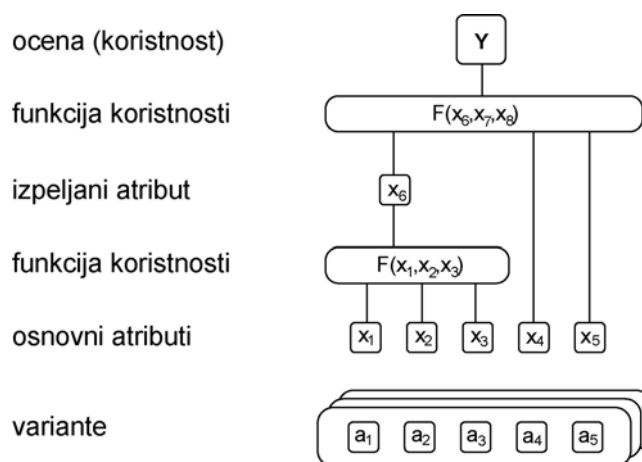
- z množico variant ali alternativ A , ki nastopajo v odločitvenem problemu,
- z množico kriterijev ali parametrov X z ustreznimi zalogami vrednosti in
- z množico funkcij koristnosti ali agregatnih funkcij (tudi funkcij združevanja) F .

Pri tem želimo:

- izbrati elemente množice A , ki so optimalni glede na kriterije v X (problem izbire),
- razdeliti množico A glede na množico kriterijev X (problem razvrščanja, vrednotenja),
- urediti variante v množici A od najboljše do najslabše glede na kriterije v množici X (problem rangiranja).

Podana definicija ne določa natančno večkriterijskega odločanja. Struktura in zapis množice kriterijev in alternativ sta lahko podrejena odločitvenemu problemu. Poleg tega pa v večini realnih situacij srečujemo kombinacijo problemov izbire, razvrščanja in rangiranja (Zornada, 1999, str. 9).

Slika 4: Večparametrski odločitveni model



Vir: Bohanec, Zupan in Rajkovič, 1997, str. 3

Večkriterijsko odločanje temelji na razgradnji odločitvenega problema na manjše podprobleme. Kriteriji so spremenljivke, ki ponazarjajo podprobleme odločitvenega problema. Urejeni so v hierarhično strukturo, najpogosteje drevo, ki ponazarja medsebojne odvisnosti med kriteriji: višjenivojski kriteriji so odvisni od neposrednih naslednikov. Glede na položaj v drevesu ločimo kriterije na osnovne (končna vozlišča ali listi drevesa) in izpeljane (notranja vozlišča). V modelu je za vsak izpeljani kriterij določena funkcija koristnosti, ki določa odvisnost tega kriterija od njegovih neposrednih naslednikov v strukturi. Variante opišemo z vrednostmi osnovnih kriterijev. Vrednotenje variant poteka

od spodaj navzgor, tj. v skladu s strukturo modela in funkcijami koristnosti. Končno oceno variante predstavlja vrednost spremenljivke Y . Tako izpeljana vrednost je osnova za izbor najustrežnejše variante. Zaradi hierarhične strukture lahko model uvrstimo med hierarhične večkriterijske odločitvene modele.

Klasične večparametrške odločitvene metode uporabljajo zvezne kriterije in funkcije, ki so določene s katero od statističnih metod, največkrat na osnovi uravnotežene vsote. Take modele imenujemo tudi kvantitativni. V delu obravnavam kvalitativne modele, katerih kriteriji so diskretni, funkcije koristnosti pa predstavljene z odločitvenimi pravili tipa »čepotem«.

Kvalitativni model za večkriterijsko odločanje temelji na izbranem seznamu kriterijev, na osnovi katerih želimo oceniti posamezne variante. Temeljni problem razvoja takega modela je povezovanje ocen po posameznih kriterijih v celostno oceno. To še dodatno zapleta medsebojna povezanost kriterijev, njihova nedoločenost in spreminjajoča vplivnost glede na številne dejavnike. Za obvladovanje teh problemov uporabljamo metode ekspertnega modeliranja, ki omogočajo predstavitev znanja na človeku razumljivejši način kot pri klasičnih odločitvenih metodah. Tak pristop je še posebej smiseln, ko imamo opravka s kompleksnimi sistemi, kjer nastopa veliko med seboj povezanih dejavnikov (Rajkovič, 1999, str. 300).

3.1. STRUKTURA BAZE ZNANJA MODELA EKSPERTNEGA SISTEMA ZA VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE

Baza znanja modela ekspertnega sistema vsebuje izbrane kriterije in agregatne funkcije. Statični opis baze znanja zajema definicijo vseh kriterijev ali spremenljivk, ki jih v modelu uporabljamo, ter agregatnih funkcij, ki te spremenljivke povezujejo, in služi pri uporabi lupine ekspertnega sistema za postavitve drevesa kriterijev. Pri tem za vsak kriterij določimo zalogo vrednosti, definiramo pa tudi vse agregatne funkcije. Dinamika se v modelu pojavlja ob vrednotenju variant, ki nastopajo v procesu odločanja in je v lupini ekspertnega sistema zajeta znotraj mehanizmov sklepanja.

3.1.1. Kazalci, kriteriji, spremenljivke, vrednosti

Kriteriji so način izražanja konkretnega okolja in predstavljajo merljive lastnosti izbranih objektov v okolju. V raziskovalni proces jih ne vključujemo le zaradi svojega pomena, temveč tudi zaradi njihovih povezanosti z drugimi kazalci v okviru množice obravnavanih objektov – kazalci naj bi predstavljali oz. izražali širše kontekste od njih samih, kar naj bi tudi bilo temeljno izhodišče celotnega koncepta kazalcev (Bajec v Krisper, 1989, str. 117).

Podatek o pričakovani življenjski dobi v določeni državi tako ne pove le, koliko let življenja lahko pričakuje pravkar rojeni deček ali deklica, temveč nam da tudi sliko razvitosti države, njenega zdravstvenega sistema in stanja zdravja njenih prebivalcev. Pri gradnji ekspertnih sistemov je zato pomembnejši pravilni izbor kazalcev kot njihovo število.

Pri obravnavi kriterijev moramo ločiti med pojmom vrednost in spremenljivka. Vse, kar lahko nekemu in samo enemu objektu priredimo, in se nanaša samo na ta objekt, je vrednost, spremenljivka pa je množica vseh možnih vrednosti, ki jih lahko dodelimo posameznemu objektu.

3.1.1.1. Razvrstitev kriterijev in kazalcev

Kazalce lahko delimo na več načinov. Z vidika koncepta trajnostnega razvoja, ki ga opisujem v naslednjem poglavju, se kazalci delijo na kazalce stanja, ciljne kazalce in instrumentalne kazalce. Na podlagi kazalcev stanja dobimo vpogled v stanje razvitosti oz. raven razvitosti opazovanega objekta in to iz vseh vidikov razvoja, npr. ekonomskega, družbenega, političnega, socialnega, okoljskega, ipd. Ciljni kazalci opisujejo novo (želeno) stanje oz. raven razvitosti, ki ga želimo doseči v določenem časovnem obdobju (napovedovanje). S pomočjo ciljnih kazalcev lahko opredelimo strategijo oz. razvojni scenarij države. Instrumentalni kazalci predstavljajo ukrepe in vire za doseganje zadanih ciljev oz. strategij.

Z vidika merjenja, tipa in porekla informacij delimo kazalce na opisne oz. kvalitativne in številske oz. kvantitativne. Kvantitativni ali numerični kazalci so rezultat statističnega spremljanja in raziskovanja, anket in podobno. Izražajo se numerično v absolutnih vrednostih ali v odstotkih. Kazalci se lahko nanašajo na stanje v nekem časovnem preseku ali na spremembe v danem časovnem intervalu. Glede na to jih je mogoče deliti na kazalce stanja in na kazalce sprememb. Kvantitativni kazalci prevladujejo v statističnih, ekonometričnih in operacijskih raziskovanjih. Zanje se uporabljajo višje merske lestvice kot npr. intervalna in razmernostna lestvica. Kvalitativni kazalci so izkaz subjektivne ocene v primerih, v katerih ne razpolagamo z ustreznimi statističnimi in drugimi kvantitativnimi podatki. Z njimi lahko izražamo nekatere zelo pomembne vidike razvoja, ki jih je nemogoče izraziti s kvantitativnimi ocenami (kot npr. prilagojenost političnega sistema na globalne ekonomske izzive), ali pa v primerih, ko je kvantitativno izražanje primerno, podatki pa niso na voljo ali pa so nezanesljivi (npr. kot posledica napak pri vnosu podatkov, neustreznih metodologij ali zavestnega prikrivanja realnega stanja). Ob tem se postavlja vprašanje objektivnosti kvalitativnih ocen, vendar v takih primerih kvalitativna ocena ekspertov, pridobljena na podlagi njihovega znanja, dolgoletnih izkušenj in pridobljene intuicije lahko da objektivnejšo oceno od tiste, zgrajene na podlagi nezanesljivih kvantitativnih podatkov.

Razvoj uporabnih metod umetne inteligence, za katero je značilna uporaba simbolov oz. hevristični pristop, daje prednost uporabi kvalitativnih kazalcev. Uporaba teh je smiselna tudi v primerih, ko je nekatera stanja oz. spremembe mogoče lažje in bolj neposredno izraziti na kvalitativen način, čeprav so na voljo tudi zanesljive kvantitativne ocene. Za kvalitativne kazalce se najpogosteje uporabljajo ordinalne ali nominalne merske lestvice, ki so nižje od lestvic, ki jih uporabljamo za prikazovanje kvalitativnih podatkov, vedno pa je možna tudi preslikava z višjih merskih lestvic na nižje. Seveda je mogoče umetno kvantificirati tudi kvalitativne kategorije in jih izraziti numerično², vendar je tak pristop problematičen, saj je izbira numerične lestvice vedno naključna, s tem pa je vprašljiva verodostojnost tako definirane kazalca (Sočan in Krisper, 1989, str. 8).

Kvalitativni kazalci so po svoji definiciji diskretni. Diskretna spremenljivka je spremenljivka, ki ima za zalogo vrednosti končno množico vrednosti, ki je bodisi urejena ali ne. Diskretne spremenljivke ločimo na:

- enovrednostne diskretne spremenljivke, kjer vsaka varianta zavzame natančno eno vrednost iz končne množice, ki predstavlja zalogo vrednosti spremenljivke,
- večvrednostne diskretne spremenljivke, pri katerih vsaka varianta zavzame vsaj eno vrednost iz končne množice, ki predstavlja zalogo vrednosti spremenljivke,
- porazdeljene diskretne spremenljivke, kjer vsaki varianti pripada porazdelitveni zakon, ki podaja porazdelitev variante po zalogi vrednosti spremenljivke. Porazdeljene diskretne spremenljivke lahko naprej ločimo na verjetnostno in mehko (po teoriji mehkih množic) porazdeljene.

3.1.1.2. Statični opis kriterijev

Množica kriterijev X je množica kriterijev (spremenljivk), ki nastopajo v odločitvenem problemu:

$$X = \{x_i, 1 \leq i \leq n\}$$

Pri delu z Dexom uporabljamo opisne spremenljivke. Te so diskretne in so lahko enovrednostne ali porazdeljene. Primer enovrednostne diskretne spremenljivke je npr. *razvojno okolje*, za katero lahko vsaka varianta zavzame le eno od vrednosti iz zaloge vrednosti $\{zelo\ ustrežno, ustrežno, manj\ ustrežno, neustrežno\}$. Pri porazdeljeni diskretni spremenljivki podajamo vrednost, ki jo zavzame posamezna varianta, z diskretno gostoto verjetnosti spremenljivke $p_i = P(x_i = d_i)$, kjer so d_i vrednosti iz zaloge vrednosti spremenljivke

² Na takšen način so prikazani tudi kvalitativni kazalci v World Competitiveness Yearbook, ki ga izdaja IMD iz Lausanne. Tipični kvalitativni kazalec, kot npr. prilagojenost političnega sistema na ekonomske izzive globalizacije, je izražen numerično na linearni skali od 0 do 10.

x_i , pri čemer velja $\sum p_i = 1$. Diskretno gostoto najenostavneje zapišemo v obliki verjetnostne sheme

$$x_i(A) : \begin{pmatrix} d_1 & d_2 & d_3 & \dots \\ p_1 & p_2 & p_3 & \dots \end{pmatrix}$$

Mehko porazdeljeno diskretno spremenljivko lahko definiramo kot diskretno spremenljivko, katere zaloga vrednosti je sestavljena iz mehkih števil, pri čemer vsako mehko število dobimo z interpretacijo iz opisne zaloge vrednosti spremenljivke (Zornada, 1999, str. 23).

Številске spremenljivke, ki jih želimo uporabiti v lupini ekspertnega sistema Dex, moramo preslikati z prehodno funkcijo, ki predstavlja predpis bijektivne preslikave številске spremenljivke v diskretno. S pomočjo prehodnih funkcij lahko poljubno spremenljivko prevedemo v enakovredno spremenljivko druge vrste. Pri tem zalogo vrednosti bijektivno preslikamo v zalogo vrednosti opisne spremenljivke. Najprej jo razdelimo na disjunktivne intervale, katerih unija je celotna zaloga vrednosti. Kot primer vzamemo kriterij *BDP na prebivalca v USD po primerjavi kupne moči*, ki je največkrat uporabljen kazalec gospodarske razvitosti. Zalogo vrednosti lahko opišemo kot $D_i = [0,5.000] \cup (5.000,10.000] \cup (10.000,20.000] \cup (20.000,50.000]$, nato pa vsakemu intervalu oz. uniji več intervalov priredimo kvalitativni pomen. Določimo lahko: *nerazvita* $\leftrightarrow [0,5.000]$, *v razvoju* $\leftrightarrow (5.000,10.000]$, *razvita* $\leftrightarrow (10.000,20.000]$, *zelo razvita* $\leftrightarrow (20.000,50.000]$. Tako dobljena diskretna spremenljivka ima zalogo vrednosti $\{\text{nerazvita}, \text{v razvoju}, \text{razvita}, \text{zelo razvita}\}$. V tem primeru smo enovrednostno zvezno spremenljivko preslikali v enovrednostno diskretno spremenljivko. Na podoben način lahko preslikamo vsako zvezno spremenljivko v diskretno.

Število kriterijev je odvisno od kompleksnosti odločitvenega problema. Premajhno število kriterijev lahko privede do nepopolnih opisov variant ali v neenakomerno porazdelitev variant po zalogi vrednosti korenskega kriterija, s čimer izgubimo uporabnost dobljenih rezultatov, saj preveč variant zavzame isto vrednost iz zaloge vrednosti. Preveliko število kriterijev je lahko ovira pri zbiranju vseh potrebnih vhodnih podatkov, ki jih potrebujemo v odločitvenem modelu. Ključnega pomena za postavitve dobrega modela sta pravilen izbor kazalcev in odprtost modela za spremembe.

3.1.2. Agregatne funkcije

Z opredelitvijo kriterijev, ki nastopajo v odločitvenem problemu, določimo vrste spremenljivk, ki jih uporabimo v modelu za podporo odločitvenemu procesu. Te moramo skladno z naravo problema strukturirati v drevo kriterijev. S tem določimo odvisnost višje (v pomenu bližine korenu drevesa) ležečih kriterijev od nižje ležečih. Pri tem določimo

združitev nižje ležečih spremenljivk v agregatno spremenljivko na višjem nivoju v obliki agregatnih funkcij. Končni rezultat tako postavljenih agregacij je korenska spremenljivka, ki poda skupno oceno variante.

Struktura drevesa ter pomen agregatnih funkcij je v rokah odločevalca in ni neposredno odvisna od metodologije odločitvenega procesa ter modela, ki ga uporabimo za njegovo podporo. Pravila, postavljena v modelu lupine ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje, določajo, katere agregatne funkcije so možne (glede na vhodne in izhodno spremenljivko), kakšna je njihova sintaksa in kako jih v modelu predstavimo (zapis možnih enakosti E).

Množica F je množica funkcij, ki jih imenujemo funkcije koristnosti oz. agregatne funkcije $F = \{f_i, 1 \leq i \leq m\}$, pri čemer je m število operacij združevanja kriterijev, ki jih v modelu izvedemo, da pridemo do vrednosti korenskega kriterija. Argumenti vsake funkcije so kriteriji na nižjem nivoju drevesa kriterijev, rezultat pa kriterij na višjem nivoju drevesa (bliže korenskemu kriteriju).

Množica E je množica enakosti, ki predstavljajo zapis funkcij koristnosti. Oblika zapisa je odvisna od narave funkcije koristnosti in uporabljene metodologije, najobičajnejši zapis funkcije koristnosti, ki ima za argumente diskretne spremenljivke, pa so logična pravila tipa »če–potem«, podana v obliki tabele. Na tak način zapišemo funkcije koristnosti tudi pri uporabi metode Decmak, na kateri temelji lupina ekspertnega sistema Dex.

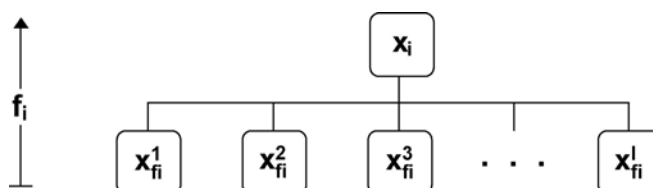
f_i je agregatna funkcija, ki podaja predpis, ki iz vrednosti spremenljivk množice X_{f_i} izračuna vrednost spremenljivke x_i , ki je višje ležeča spremenljivka glede na vse spremenljivke množice X_{f_i} :

$f_i : X_{f_i} \rightarrow x_i$, kjer je X_{f_i} podmnožica množice spremenljivk X , x_i pa spremenljivka.

Dimenzija funkcije f_i je v tem primeru moč množice X_{f_i} .

Na sliki je prikazan primer agregatne funkcije f_i dimenzije l .

Slika 5: Splošna agregatna funkcija dimenzije l



Zaradi uporabe opisnih kazalcev lahko kot argumenti funkcije koristnosti in njeni rezultati v Dexu nastopajo le diskretne spremenljivke. Preslikava diskretne spremenljivke v diskretno spremenljivko je primer elementarne agregatne funkcije, ki jo najenostavnejše podamo kot tabelo ali z enostavnimi logičnimi stavki »če-potem«. Pri tem vsaki vrednosti spremenljivke, ki nastopa kot argument funkcije, priredimo vrednost iz zaloge vrednosti diskretne spremenljivke na višjem nivoju (spremenljivka x je na višjem nivoju od spremenljivke y , če je bližje korenu drevesa kot spremenljivka y). Pri vseh realnih odločitvenih problemih so od preprostih elementarnih agregatnih funkcij pogostejše agregatne funkcije, v katerih nastopa več kot en argument, in jih imenujemo neelementarne agregatne funkcije. Pri teh gre za klasičen pomen agregacije – združevanje več kriterijev v en sam kriterij: množico $X_{f_i}^d$ l diskretnih spremenljivk agregiramo v eno diskretno spremenljivko.

Agregatna funkcija f_i dimenzije l je sistem logičnih pravil oblike:

$$\begin{array}{ll} \text{ČE} & x_{f_i}^l = d^l \text{ in } x_{f_i}^2 = d^2 \text{ in } \dots \text{ in } x_{f_i}^1 = d^1, \\ \text{POTEM} & x_i = d_l, \end{array}$$

pri čemer so $d^1, d^2, \dots, d^l$ vrednosti, ki jih zavzamejo argumenti, d_l pa vrednost agregatne spremenljivke.

Število potrebnih pravil je enako razsežnosti definicijskega območja agregatne funkcije, ki je kartezični produkt zalog vrednosti spremenljivk, ki so argument funkcije: $D_{f_i}^l \times D_{f_i}^2 \times \dots \times D_{f_i}^1$. To število s številom vrednosti v zalogi vrednosti argumentov zelo hitro narašča, zato tudi neelementarne agregatne funkcije najbolj enostavno zapišemo v obliki tabele. Primer neelementarne agregatne funkcije prikazujem s preprostim primerom v tabeli 1. Domnevamo, da je *razvojna konkurenčnost* gospodarstva funkcija diskretnih spremenljivk *sistem*, *razvojni potenciali* in *konsenz*, pri čemer imata prvi dve spremenljivki zalogo vrednosti {*neustrezno*, *ustrezno*, *zelo ustrezno*}, spremenljivka *konsenz* zalogo vrednosti {*ne obstaja*, *obstaja*} in agregirani kazalec *razvojna konkurenčnost* {*nizka*, *srednja*, *visoka*}.

Tabela 1: Neelementarna agregatna funkcija diskretnih spremenljivk *sistem*, *razvojni potenciali* in *konsenz* v *razvojno konkurenčnost*

<i>sistem</i>	<i>potenciali</i>	<i>konsenz</i>	<i>razvojna konkurenčnost</i>
<i>neustrezno</i>	<i>neustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>neustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>srednja</i>
<i>neustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>srednja</i>
...	...	...	...
<i>zelo ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>srednja</i>
<i>zelo ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>visoka</i>

Agregatno funkcijo beremo kot:

ČE je *sistem* *neustrezen* IN
so *potenciali* *neustrezni* IN
razvojni konsenz *ne obstaja*
POTEM je *razvojna konkurenčnost* države *nizka*.

Državi, za kateri ocenjujemo razvojno konkurenčnost, sta podani z množico argumentov funkcije: $A = \{\textit{neustrezno}, \textit{ustrezno}, \textit{ne obstaja}\}$ in $B = \{\textit{zelo ustrezno}, \textit{zelo ustrezno}, \textit{obstaja}\}$. Agregacija v spremenljivko *razvojna konkurenčnost* da rezultat *razvojna konkurenčnost* (A) = {*nizka*} in *razvojna konkurenčnost* (B) = {*visoka*}.

Zapis pravil lahko še poenostavimo z uporabo relacij urejenosti, ki veljajo v zalogi vrednosti posamezne spremenljivke, kar je implementirano tudi v Dexu. Del pravil iz tabele 1 lahko zapišemo tudi kot:

ČE je *sistem* *neustrezen* IN
so *potenciali* *neustrezni* IN
konsenz manjše ali enako *obstaja*
POTEM je *razvojna konkurenčnost* gospodarstva *nizka*.

Tabela 2: Poenostavljen zapis dela agregatne funkcije iz tabele 1

<i>sistem</i>	<i>razvojni potenciali</i>	<i>konsenz</i>	<i>razvojna konkurenčnost</i>
<i>neustrezen</i>	<i>neustrezni</i>	$\leq$ <i>obstaja</i>	<i>nizka</i>
$\leq$ <i>ustrezen</i>	<i>neustrezni</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>

Pri agregaciji lahko pride do izgube pomembnosti informacij, ki je podana z vrednostmi posameznih argumentov (Zornada, 1999, str. 47). Ker je zaloga vrednosti spremenljivke, ki je rezultat agregacije, omejena na nekaj vrednosti, se večje število l -teric (z l smo označili dimenzijo agregatne funkcije) iz definicijskega območja funkcije preslika v isto vrednost rezultata funkcije. Ekstremna primera nastopita, ko je v zalogi vrednosti rezultata funkcije le ena vrednost ali pa ko je v zalogi vrednosti rezultata funkcije toliko vrednosti, kolikor je možnih kombinacij vrednosti argumentov (kolikor je različnih pravil). Prvi primer pomeni, da v drevesu kriterijev nastopajo taki kriteriji, ki na odločitev ne vplivajo, zato je struktura drevesa kriterijev slaba. V drugem primeru zelo hitro pride do kombinatorične eksplozije in večanja zalog vrednosti spremenljivk s premikanjem po drevesu navzgor proti korenu. Praksa potrjuje nenapisano pravilo, da je v zalogi vrednosti spremenljivke, ki je rezultat funkcije, vsaj toliko vrednosti, kot je maksimalno število vrednosti v zalogi vrednosti posameznih argumentov funkcije (običajno od 3 do 5 vrednosti).

3.2. RAZVOJ MODELA EKSPERTNEGA SISTEMA ZA VEČKRITERIJSKO ODLOČANJE

Razvoj modela ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje bom prikazal z orodjema Dex in Hint, ki so ju razvili na Institutu Jožef Stefan.

3.2.1. Primer modeliranja z uporabo orodja Dex

Primer metode za razvoj ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje je metoda Decmak (Decision Making), ki sta jo predstavila Efstathiou in Rajkovič leta 1979. Metoda Decmak je realizirana v lupini ekspertnega sistema za večparametrsko odločanje Dex.

Metodo Decmak lahko formalno opišemo z drevesom kriterijev, podanim s trojico (X, F, E) , kjer je:

- X množica kriterijev oz. spremenljivk $x_1, x_2, \dots, x_n$ z zalogami vrednosti $D_1, D_2, \dots, D_n$, pri čemer so D_i ($1 \leq i \leq n$) končne diskretne množice,
- F množica funkcij $f_1, f_2, \dots, f_m$ ($m < n$), od katerih vsaka funkcija f_i preslika podmnožico X v spremenljivko x_i ,
- E množica enakosti $e_1, e_2, \dots, e_m$ oblike $x_i = f_i(x_{f_1}^1, x_{f_1}^2, \dots, x_{f_1}^l)$, ki zadoščajo pogojem:
 1. obstaja natančno ena spremenljivka, ki nikoli ne nastopa kot argument katere od funkcij,
 2. vsaka druga spremenljivka nastopa kot argument katere od funkcij natančno enkrat,
 3. vsaka spremenljivka največ enkrat nastopa kot rezultat katere od funkcij.

Pri metodi Decmak so kriteriji strukturirani v drevo, v katerem je vrednost višje ležečega kriterija rezultat funkcijskega predpisa in je neposredno izračunljiva iz vrednosti njegovih naslednikov v drevesni strukturi. Kriterijem, ki nikoli ne nastopajo kot rezultat katere od funkcij, pravimo osnovni kriteriji ali listi, saj v drevesu kriterijev nastopajo kot listi. Vsi ostali kriteriji so izpeljani ali agregirani kriteriji. Na vrhu drevesa kriterijev je en sam kriterij, ki predstavlja rezultat odločitvenega procesa, izvedenega s pomočjo drevesa kriterijev. Ta kriterij, imenovan tudi korenski, podaja koristnost posamezne variante, ki smo jo ocenili v odločitvenem procesu.

Slika 6 predstavlja primer drevesa kriterijev, postavljenega po metodi Decmak.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_{12}\}$$

$$F = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$$

V množici E so enakosti

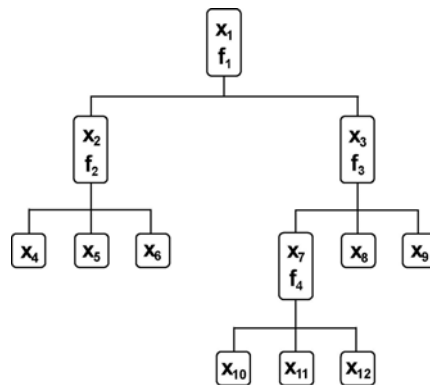
$$x_1 = f_1(x_2, x_3)$$

$$x_2 = f_2(x_4, x_5, x_6)$$

$$x_3 = f_3(x_7, x_8, x_9)$$

$$x_4 = f_4(x_{10}, x_{11}, x_{12})$$

Slika 6: Drevo kriterijev, oblikovano po metodi Decmak



V modelu so $x_4, x_5, x_6, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}$ in x_{12} osnovni kriteriji, x_1 pa dobljena ocena obravnavanih variant. x_1, x_2, x_3 in x_7 so izpeljane spremenljivke.

Drevo kriterijev na sliki lahko razumemo kot podporo preprostemu večkriterijskemu vrednotenju razvojnih potencialov neke družbe. Pri primerni interpretaciji kriterijev dobimo oceno razvojnih potencialov kot vrednost v korenu drevesa, kar prikazuje slika 7.

Slika 7: Konkretizacija drevesa kriterijev, sestavljenega po metodi Decmak



Metoda Decmak temelji na drevesu kriterijev, v katerem podamo hierarhičen odnos med njimi. Množico vrednosti, ki predstavlja zalogo vrednosti posameznega kriterija, sestavljajo kvalitativne vrednosti, kot npr. *slabo*, *povprečno* in *dobro*, pri čemer so posamezne vrednosti lahko tudi interpretacija številskih intervalov (npr. v opisanem primeru je zaloga vrednosti kriterija *vlaganja v R&R* podana z vrednostmi *nizko*, *srednje* in *visoko*, pri čemer *nizko* pomeni delež sredstev za raziskave in razvoj v BDP do 1 %, *srednje* do 2 %, visoko pa več kot 2 %). Združevanje kriterijev podamo s funkcijami koristnosti, ki so podane v obliki logičnih pravil. V opisanem primeru je eno od pravil lahko »če je *tehnološki razvoj zelo ustrezen* in *infrastruktura zelo ustrezna*, potem so *razvojni potenciali zelo veliki*«. Tak način združevanja omogoča preprosto razlago rezultatov in analizo »kaj-če«. Pri metodi Decmak je izračun agregatnih funkcij možen tudi z nenatančnimi ali nepopolnimi podatki, saj omogoča verjetnostno izračunavanje koristnosti.

Razvoj modela ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje po metodi Decmak je odvisen od znanja izvedencev o kriterijih in njihovih medsebojnih povezavah, ki gradijo drevo kriterijev. Tak pristop k gradnji ekspertnega sistema lahko upravičeno imenujemo ročni, saj morajo izvedenci določiti seznam vseh kriterijev, jih strukturirati v drevo, določiti merske vrednosti za vsakega od njih in določiti funkcije koristnosti za vsako kombinacijo vrednosti argumentov vsake od njih. Računalniška podpora razvoju modela uporablja nekatere metode, ki razvoj olajšajo in pospešijo. Zajemanje funkcij koristnosti je podprto s podsistemi za zagotavljanje konsistentnosti in polnosti funkcij, možnostjo izbiranja oz. parametrizacije vnaprej pripravljenih funkcij, zajemanja v grafični obliki ter z različnimi dialogi, ki jih vodi računalniški program (Bohanec, Zupan in Rajkovič, 1997, str. 4).

3.2.2. Razvoj z uporabo orodja Hint

Alternativni pristop ponujajo metode strojnega učenja, ki iz primerov minulih odločitev bolj ali manj samostojno zgradijo pravila za klasifikacijo novih primerov in predstavitev zakonitosti, ki jih opisujejo primeri. Primer metode strojnega učenja, ki na osnovi dane

množice učnih primerov poišče definicijo ciljnega koncepta, predstavljeno v obliki hierarhičnega odločitvenega modela, je metoda Hint, ki jo je predstavil Zupan s sodelavci leta 1997 (Zupan et al., 1998). Metoda iz primerov, predstavljenih v atributnem jeziku, samostojno ali v dialogu z uporabnikom zgradi hierarhijo kriterijev, pri čemer definira nove izpeljane kriterije in funkcije koristnosti. Te predstavi v obliki odločitvenih tabel, podobno kot Dex. Takemu pristopu lahko rečemo tudi vrtanje po podatkih oz. v angleščini data-mining.

Metoda Hint temelji na funkcijski dekompoziciji. S funkcijsko dekompozicijo želimo razgraditi funkcijo koristnosti $y=F(X)$, kjer je X množica vhodnih spremenljivk $x_1, x_2, \dots, x_n$, y pa izpeljana spremenljivka, v funkcijo $y=G(A, H(B))$, kjer sta A in B podmnožici množice spremenljivk X in velja $A \cup B = X$. Funkciji G in H izvede proces dekompozicije in nista z ničemer prej določeni. Njuna skupna kompleksnost naj bi bila manjša od kompleksnosti funkcije F , veljala pa naj bi tudi konsistentnost s to funkcijo. Pri dekompoziciji dobimo novo agregatno spremenljivko $c=H(B)$. Ker lahko funkcijsko dekompozicijo večkrat ponavljamo s H in G , je njen rezultat v splošnem hierarhično urejeno drevo, sestavljeno iz kriterijev na končnih vozlih ali listih in izpeljanih kriterijev v notranjih vozlih drevesa. Vsak izpeljani kriterij v drevesu ima odgovarjajočo funkcijo (npr. $H(B)$), ki določa odvisnost tega kriterija od njegovega neposrednega naslednika v hierarhično urejenem drevesu.

Kot preprost primer vzamemo problem ocenjevanja razvojne konkurenčnosti države. Kriteriji, ki določajo oceno razvojne konkurenčnosti, so prilagojenost sistema na sodobne globalne pogoje poslovanja (*sistem*), obstoj in krepitev razvojnih potencialov (*razvojni potenciali*) in obstoj razvojnega konsenza med ekonomsko-socialnimi partnerji (*konsenz*). Kriterij *razvojna konkurenčnost* države predstavlja oceno ali ciljni kriterij, ostali trije so osnovni kriteriji. Tabela 3 prikazuje izvirne podatke, ki za vsako kombinacijo vrednosti osnovnih kriterijev določajo vrednost ciljnega kriterija.

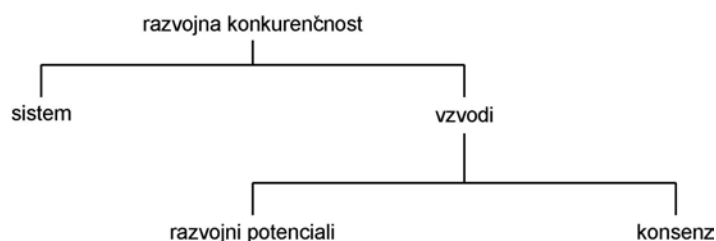
Tabela 3: Izvirni podatki

<i>sistem</i>	<i>razvojni potenciali</i>	<i>konsenz</i>	<i>razvojna konkurenčnost</i>
<i>neustrezno</i>	<i>neustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>neustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>srednja</i>
<i>neustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>nizka</i>
<i>neustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>visoka</i>
<i>ustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>srednja</i>
<i>ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>srednja</i>
<i>ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>obstaja</i>	<i>visoka</i>
<i>zelo ustrezno</i>	<i>neustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>visoka</i>
<i>zelo ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>visoka</i>

Slika 8 prikazuje drevo kriterijev za ciljni model. Iz funkcije F želimo izpeljati novi funkciji koristnosti H , ki osnovna kriterija *razvojni potenciali* in *konsenz* preslika v nov izpeljani kriterij *vzvodi*, in G , ki osnovni kriterij *sistem* in izpeljani kriterij *vzvodi* preslika v ciljni kriterij *razvojna konkurenčnost*. Kriterija, ki nastopata v funkciji H (*razvojni potenciali* in *konsenz*) imenujemo navezana kriterija, preostal kriterij iz funkcije F (*sistem*) pa svobodni. Novi funkciji koristnosti morata zadoščati dvema načeloma (Krisper in Zupan, 1998a, str. 5):

- načelu konsistentnosti: vsaka možna kombinacija osnovnih kriterijev v F mora biti enako ovrednotena v G in H , ali drugače, če velja $F(\text{ustrezno}, \text{ustrezno}, \text{ne obstaja}) = \text{srednja}$, potem mora veljati tudi $G(\text{ustrezno}, H(\text{ustrezno}, \text{ne obstaja})) = \text{srednja}$,
- načelu enostavnosti: nov izpeljani kriterij iz funkcije H naj ima minimalno kardinalnost zaloge vrednosti, tj. v zalogi vrednosti naj ima najmanjše število možnih vrednosti.

Slika 8: Drevo kriterijev za ciljni model



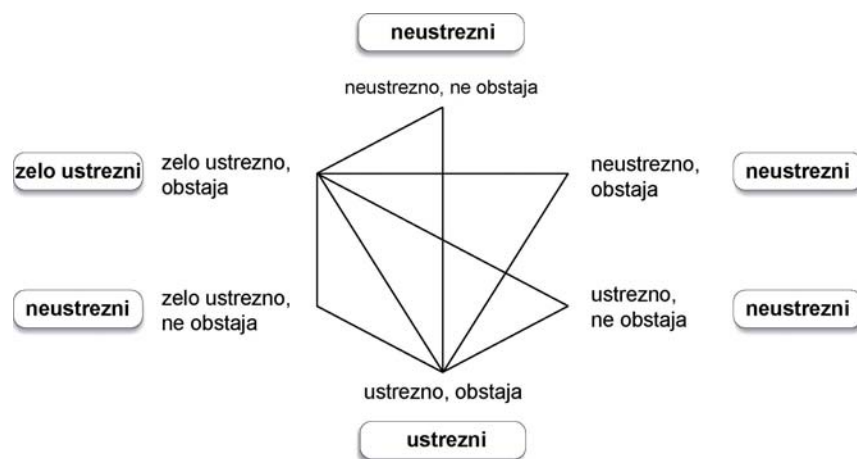
Funkcijsko dekompozicijo začnemo z izgradnjo particijske matrike, ki ima v stolpcih vse kombinacije argumentov funkcije H in v vrsticah vse kombinacije drugih osnovnih kriterijev, ki nastopajo v modelu. Kombinacije, ki v izvornih podatkih ne nastopajo, označimo kot »ne upoštevaj«. V našem primeru je particijska matrika prikazana s tabelo 4, v kateri so kombinacije, označene kot »ne upoštevaj«, prikazane z grafičnim simbolom.

Tabela 4: Particijska matrika za podatke iz tabele 3

	<i>razvojni potenciali</i>	<i>neustrezno</i>	<i>neustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>	<i>zelo ustrezno</i>
	<i>sistem</i> <i>konsenz</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>obstaja</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>obstaja</i>	<i>ne obstaja</i>	<i>obstaja</i>
<i>neustrezno</i>		<i>nizka</i>	<i>nizka</i>	<i>nizka</i>	<i>srednja</i>	<i>nizka</i>	<i>visoka</i>
<i>ustrezno</i>		—	—	<i>srednja</i>	—	<i>srednja</i>	<i>visoka</i>
<i>zelo ustrezno</i>		<i>visoka</i>	—	—	—	<i>visoka</i>	—

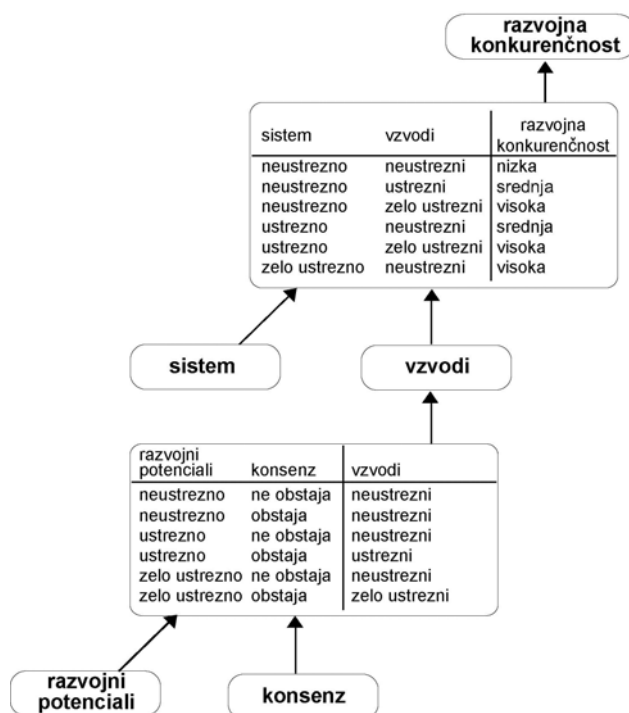
Vsak stolpec v particijski matriki prikazuje obnašanje funkcije koristnosti F za vsako kombinacijo kriterijev *razvojni potenciali* in *konsenz*. Stolpci z enakimi istoležnimi vrednostmi ali z vrednostjo »ne upoštevaj« v istoležnih vrsticah so med seboj kompatibilni, v nasprotnem primeru so stolpci nekompatibilni. Dekompozicija določi vsakemu stolpcu oznako, ki ustreza vrednosti novega izpeljanega kriterija *vzvodi*. Oznako stolpca določimo s pomočjo grafa nekompatibilnosti, v katerem vsak stolpec particijske matrike predstavlja vozle grafa. Dva vozla povežemo, če sta stolpca, katerih predstavi sta, med seboj nekompatibilna. V našem primeru, ki ga kaže slika 9, sta vozla *zelo ustrezno, obstaja* in *neustrezno, ne obstaja* med seboj povezana, saj sta stolpca, katerih predstavi sta, nekompatibilna zaradi vrednosti v prvi vrstici (*visoka* $\neq$ *nizka*).

Slika 9: Graf nekompatibilnosti



Vsem vozlom, ki med seboj niso povezani, določimo enako vrednost, v primeru na sliki 9 *zelo ustrezni*, *ustrezni*, *neustrezni*. Z določitvijo vrednosti *vzvodi* za vsak stolpec v particijski matriki dobimo množico vrednosti, potrebnih za izpeljavo funkcij H in G iz funkcije F . Rezultat dekompozicije je prikazan v sliki 10. Izpeljali smo funkciji H , ki preslika osnovna kriterija *razvojni potenciali* in *konsenz* v izpeljani kriterij *vzvodi*, in G , ki preslika izpeljani kriterij *vzvodi* in osnovni kriterij *sistem* v končno oceno *razvojna konkurenčnost*. Izpolnili smo tudi zahtevo, da sta izpeljani funkciji H in G manj kompleksni od funkcije F .

Slika 10: Dekompozicija funkcije iz tabele 3 z uvedbo nove funkcije



Dekompozicija določi tudi kombinacije osnovnih kriterijev, ki v izvornih podatkih ne nastopajo. V našem primeru lahko $F(\text{zelo ustrezno}, \text{neustrezno}, \text{obstaja})$ pripišemo vrednost *visoka*, saj ima stolpec *neustrezno*, *obstaja* enako oznako kot stolpca *neustrezno*, *ne obstaja* in *zelo ustrezno*, *ne obstaja*.

V realnih primerih z zelo kompleksnimi množicami podatkov nastopa po več deset osnovnih kriterijev. Pristop k takemu problemu je enak: iz funkcije F s funkcijsko dekompozicijo določimo funkcijo H z manjšim številom kriterijev, preostale pa vključimo v funkcijo G . V naslednjem koraku funkcijo G z dekompozicijo razdelimo na funkciji I z manj kriteriji in J s preostalimi. Korake nadaljujemo, dokler iz modela ne zgradimo modela, ki ga sestavljajo manj kompleksne funkcije, kot je bila originalna funkcija F . Metoda funkcijske dekompozicije zelo olajša razvoj ekspertnega sistema za večkriterijsko odločanje. V primeru s 15 osnovnimi kriteriji s po tremi elementi v zalogi vrednosti bi morali določiti kar 3^{15} oz. več kot 14 milijonov funkcij koristnosti, česar ne bi zmoglo še tako veliko število izvedencev. Uporaba obravnavane metode, še posebej s pomočjo računalnika, omogoča relativno hiter razvoj ekspertnega modela za večkriterijsko odločanje. Pomembna lastnost modela je tudi, da zna izločiti odvečne kriterije in/ali njihove vrednosti (Zupan et al., 1998). Če naleti na izpeljani kriterij $c=H(x_i)$ z manjšo zalogo vrednosti od kriterija x_i , x_i nadomesti s kriterijem c , kar prispeva k zmanjšanju obsega problema in večji pokritosti problemskega prostora s primeri.

3.2.3. Kombiniranje obeh pristopov

Oba pristopa k izgradnji modela ekspertnega sistema je mogoče kombinirati. Samo Dex bi uporabili v primerih, ko imamo izvedenca, ni pa na voljo podatkov, v katere bi lahko vrtali, Hint pa, ko imamo na voljo bazo podatkov o konkretnih primerih, nimamo pa izvedenca. V primerih, ko sta na voljo tako izvedenec in baza primerov, metodi lahko kombiniramo, kar omogoča skupni formalizem za predstavitev znanja – hierarhični večkriterijski odločitveni model. Možne kombinacije pristopov so (Bohanec in Zupan, 2001, str. 26):

- nadziran pristop: metoda Hint omogoča sodelovanje izvedenca pri modeliranju, ki lahko na različnih ravneh in v različnem obsegu vpliva na razvoj modela,
- zaporedni pristop: model razvijemo z metodo Hint, v drugem koraku pa ga s pomočjo izvedenca še dodatno izboljšamo,
- vzporedni pristop: dva ali več modelov istočasno posebej razvijamo z metodama Hint in Dex,
- kombinirani pristop: en ali več modelov razvijamo s Hintom, druge z Dexom, in jih kombiniramo v enoten model.

Pri modeliranju družbenoekonomskih procesov, kar obravnavam v naslednjem poglavju, je uporabnejša metoda Dex. Hint za kvalitetno izgradnjo modela ekspertnega sistema potrebuje veliko množico primerov, kot je to primer v medicini, kjer je množica variant (kartotek pacientov) mnogo večja od množice spremenljivk. Pri modeliranju družbenoekonomskih procesov je povsem obratno, posledica tega pa je slaba pokritost problemskega prostora (več o tem glej npr. Krisper in Zupan, 1998, str. 60-63).

3.3. DINAMIČNE OPERACIJE NAD MODELOM

Kljub še tako dobri identifikaciji kriterijev, določitvi njihovih zalog vrednosti in agregacije s pomočjo funkcij koristnosti, moramo strukturo modela včasih spremeniti. Vzroki za to so lahko uvrstitev novega znanja v model, negativne ugotovitve iz faze testiranja modela, spreminjanje znanja zaradi novih spoznanj ipd. Pri obravnavi se bomo omejili na izbor sprememb nad strukturo modela zaradi sprememb nad posamezno spremenljivko, sprememb nad agregatno funkcijo in sprememb nad strukturo drevesa kriterijev.

Spremembe nad spremenljivko so operacije, ki izvršijo spremembe zaloge vrednosti posamezne spremenljivke:

- dodaj v zalogo vrednosti: operacija doda eno vrednost v zalogo vrednosti spremenljivke, pri čemer moramo spremeniti agregatne funkcije, ki imajo izbrano spremenljivko za argument, ter običajno tudi agregatne funkcije, pri katerih je ta spremenljivka rezultat agregacije,

- odstrani iz zaloge vrednosti: operacija odstrani eno vrednost iz zaloge vrednosti spremenljivke, pri čemer agregatne funkcije, ki imajo to spremenljivko za argument, skrčimo, da tako odstranimo vse funkcije koristnosti, v katerih nastopa odstranjena vrednost, pri agregatnih funkcijah, za katere je ta spremenjena spremenljivka rezultat, pa ponovno določimo pravila, pri katerih je rezultat enak odstranjeni vrednosti,
- zamenjaj zalogo vrednosti: operacija zamenja celotno zalogo vrednosti spremenljivke v dveh korakih – najprej zaporedno izvede operacijo odstrani iz zaloge vrednosti nad vsemi vrednostmi zaloge vrednosti, nato še zaporedno izvede operacijo dodaj v zalogo vrednosti nad vsemi vrednostmi zaloge vrednosti,

Spremembe nad agregatno funkcijo se izvedejo na zahtevo uporabnika, zaradi spremembe nad eno od spremenljivk, ki jih funkcija povezuje, ali zaradi spremembe v strukturi drevesa kriterijev. Najbolj značilne so:

- preuredi funkcijo: operacija delno ali popolnoma spremeni agregatno funkcijo, pri čemer spremenljivke, ki so argumenti funkcije, ter spremenljivka, ki je rezultat funkcije, ostanejo nespremenjene,
- preuredi funkcijo navzgor: ta operacija se sproži zaradi sprememb v zalogi vrednosti vsaj ene od spremenljivk, ki je argument funkcije, ali zaradi sprememb v strukturi drevesa kriterijev in lahko za izvedbo zahteva izvedbo katerekoli od operacij nad spremenljivko, ki je rezultat agregacije,
- preuredi funkcijo navzdol: operacija se sproži zaradi sprememb v zalogi vrednosti spremenljivke, ki je rezultat funkcije, za svojo izvedbo lahko zahteva izvedbo katerekoli od operacij nad spremenljivko, ki je rezultat agregacije.

Spremembe nad strukturo drevesa kriterijev so:

- poveži spremenljivki: operacija z agregatno funkcijo ustvari novo povezavo med izbranimi spremenljivkama, če s tem v drevesu kriterijev ne bi ustvarili cikla ali podvojili že obstoječo povezavo, pri čemer je višje ležeča spremenljivka rezultat agregatne funkcije, nižje ležeča pa njen argument, dodatne operacije (preuredi funkcijo navzgor) pa se izvršijo, če višje ležeča spremenljivka že nastopa kot rezultat agregatne funkcije (v nasprotnem primeru določimo novo agregatno funkcijo),
- odstrani povezavo: operacija odstrani povezavo med izbranimi spremenljivkama s spremembo agregatne funkcije, ki ju povezuje – če je ta elementarna, jo izbrišemo iz množice agregatnih funkcij, višje ležeča spremenljivka pa postane osnovna spremenljivka, sicer izvede operacijo preuredi funkcijo navzgor, ki iz množice argumentov funkcije odstrani nižje ležeči kriterij,
- vstavi kriterij: operacija določi nov kriterij v drevesu kriterijev, ki ga z operacijo poveži spremenljivki povežemo na obstoječo strukturo kriterijev,
- odstrani kriterij: operacija izbriše izbrani kriterij iz drevesa kriterijev, pri čemer nad vsako funkcijo, za katero nastopa spremenljivka kot argument, izvede operacijo preuredi funkcijo navzgor, s čimer odstrani spremenljivko iz njene množice

argumentov in jo po potrebi preuredi, nad vsako funkcijo, za katero je izbrana spremenljivka rezultat, pa izvede operacijo odstrani povezavo.

3.4. VREDNOTENJE IN ANALIZA VARIANT

Vrednotenje in analiza variant sta osnovna namena hierarhičnih odločitvenih modelov. Vrednotenje konkretnih variant in razlaga dobljenih rezultatov je zadnja faza pri uporabi lupine ekspertnega sistema oz. zdaj že razvitega ekspertnega sistema. Vsako varianto opišemo z naborom vrednosti, ki jih ima za osnovne kriterije. Tako varianto A opišemo kot $\{x_1(A), x_2(A), \dots, x_k(A)\}$, kjer je $\{x_1, x_2, \dots, x_k\}$ množica osnovnih kriterijev, ki nastopajo v odločitvenem drevesu. Vsaka varianta zavzame natančno eno vrednost iz zaloge vrednosti tega kriterija.

Pri vsaki varianti skušamo za čim več osnovnih kriterijev podati njihovo vrednost ali porazdelitev po domeni skladno s pripadajočo mersko lestvico. Včasih zaradi manjkajočih, nenatančnih ali različnih podatkov o posamezni varianti to ni mogoče. Tedaj pravimo, da je varianta glede na dani kriterij nedoločena oz. je kriterij nedoločen glede na dano varianto. V takih primerih Dex predstavlja variante z distribucijo kvalitativnih vrednosti in jih vrednoti z metodami verjetnostne in/ali mehke razporeditve negotovosti (Bohanec in Rajkovič, 1999, str. 488).

Ko za vsako varianto vnesemo vrednosti osnovnih kriterijev, ekspertni sistem izvede vrednotenje. Osnovni rezultat, ki ga dobimo, je vrednost korenskega kriterija, ki služi kot osnova za izbiro ene ali več variant, njihovo razvrščanje ali za razpravo izvedencev o dobljenem rezultatu. Zadnja možnost je uporabna pri simulacijah trajnostnega razvoja, o katerem pišem v naslednjem poglavju, kjer naš namen ni izbira konkretne variante, niti njihova razvrstitev. Ekspertni sistem mora omogočiti odgovore na vrsto vprašanj, ki se zastavljajo med razpravo: na osnovi katerih kriterijev in katerih funkcij je bila izračunana končna ocena, zakaj je končna ocena taka, kot je, kateri kriteriji so najbolj prispevali k takšni oceni, v čem se variante bistveno razlikujejo med seboj, katere so njihove prednosti in pomanjkljivosti, ali je mogoče variante izboljšati in kako ipd. Ekspertni sistem omogoča pregled vrednosti, ki jih posamezna varianta zavzame za vsak kriterij. S premikanjem po drevesu kriterijev lahko sledimo postopku vrednotenja ter ugotovimo vrednosti v posamezni točki drevesa. Analiza omogoča identifikacijo tistih lastnosti variant, pri katerih prihaja do ključnih odstopanj glede na druge variante. Lupina ekspertnega sistema za vsako varianto hrani nabor vrednosti za vse kriterije v drevesu, kar nam omogoča, da za vsako varianto poiščemo spremenljivke, za katere izbrana varianta doseže največjo in za katere doseže najmanjšo vrednost iz zaloge vrednosti. S tem postopkom določimo kriterije, ki predstavljajo najpomembnejše prednosti in pomanjkljivosti posamezne variante glede na ostale variante. V Dex vgrajena selektivna razlaga variant tako določene kriterije, ki v

modelu nastopajo blizu skupaj in so medsebojno povezani, združi v uporabniku pregledna in razumljiva poddrevesa.

V ekspertnem sistemu lahko enostavno izvajamo tudi analizo tipa »kaj-če«. Uporaben je program za vrednotenje in analizo variant Vredana, ki uporablja bazo znanja, ki smo jo razvili v Dexu. Vredana podpira Dex s prikazom in izpisom rezultatov vrednotenja s stolpičnimi, korelacijskimi in polarnimi grafikoni in analizami variant tipa »kaj-če».

4. SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

4.1. O URAVNOTEŽENEM ALI TRAJNOSTNEM RAZVOJU IN NJEGOVEM MERJENJU

Svetovna komisija za okolje in razvoj je trajnostni razvoj definirala kot zadovoljevanje sedanje generacije, ne da bi s tem ogrozili sposobnost prihodnjih generacij za zadovoljitev njihovih potreb. Določila je tudi tri področja trajnostne razvojne integracije – gospodarsko, socialno in okoljsko. S svetovno konferenco o trajnostnem razvoju v Riu de Janieru leta 1992 je trajnostni razvoj postal globalno razvojno vodilo, leta 2001 pa tudi razvojna paradigma Slovenije, saj iz njegovega temeljnega načela enakovrednega obravnavanja vseh razsežnosti blaginje izhaja tudi Strategija gospodarskega razvoja Slovenije za obdobje 2001-2006. Trajnostni razvoj je danes široko sprejet kot eden od ciljev globalnih in nacionalnih razvojnih politik. Države, opredeljene za trajnostni razvoj, sprejemajo njegova načela kot temeljni nadredni izbirni kriterij za vrednotenje nacionalne razvojne politike in mednarodnega sodelovanja (WCED v Radej, 2001, str. 14).

Osnovno pojmovanje razvoja v današnjem svetu je močno povezano zgolj z ekonomskim področjem. Za merjenje razvoja se je tradicionalno uporabljal BDP na prebivalca oz. gospodarska rast, ki jo merimo z rastjo BDP. Čeprav ta sprva ni bil mišljen kot mera razvoja, je njegovo uporabo v te namene spodbudila teorija o povečani proizvodnji kot rešitvi vseh problemov. Po teoriji naj bi povečana proizvodnja pozitivno vplivala na zmanjšanje revščine, povečala življenjski standard prebivalstva in povzročila številne druge izboljšave v človekovem življenju. Ta teorija je bila precej popularna v prvem povojnem obdobju, ko je veljalo prepričanje, da so vsi problemi sveta povezani s premajhno proizvodnjo in da je povečevanje proizvodnje edina rešitev. Rast se je spodbujala z uvozom tujega kapitala in tehnologije. Novi industrijski sektorji naj bi v ustreznem družbenem in ekonomskem okolju ustalili proizvodnjo in posredno pospešili rast tradicionalnih sektorjev. Absolutno prednost pri odločanju o prihodnosti naj bi imelo

ekonomsko področje, sledilo pa naj bi tudi izboljšanje na širšem področju kvalitete življenja.

Gospodarska razvitost pa je le eden od elementov gospodarskega razvoja, ki predstavlja njegovo kvantitativno stran. Kvalitativna stran gospodarskega razvoja poleg rasti produkta vključuje stopnjo zadovoljevanja materialnih potreb, zadovoljitev nematerialnih potreb, enakomernost v zadovoljitvi potreb (razdelitev), zaposlenost, socialne in kulturne vidike in podobno (Bajt in Štiblar, 2002, str. 370). Posledica neupoštevanja kvalitativne komponente razvoja je bila, da so v zadnjih desetletjih postali vidni nekateri problemi, ki so nastali zaradi takšne ekskluzivnosti samo enega od področij: visoke stopnje rasti BDP v hitro rastočih državah niso zmanjšale socialne stiske najrevnejših oz. so jo celo poglobile, razlike med razvitimi in nerazvitimi državami so se vedno bolj poglobljale, onesnaževanje virov okolja je postalo regionalni in globalni problem in na nekaterih področjih že bistveno vpliva na kvaliteto življenja ljudi, pri izčrpavanju nekaterih naravnih virov so se pokazale zgornje meje, ki že preraščajo lokalne okvire (Seljak, 2001, str. 15). Razvojni ekonomisti so se začeli zavedati, da rast proizvodnje ali dohodka sama po sebi ni ustrezen kazalec razvoja, in se usmerili v iskanje alternativnega kazalca. Ena skupina se je usmerila v preoblikovanje BDP in njegovo prilagoditev za različne namene, ki bi vključeval tudi pojave iz drugih področij. Druga skupina predpostavlja, da je razvoj večdimenzionalen proces, ki vključuje preoblikovanje celotnega družbenega sistema, zato mora ustrezna mera takšnega procesa, če želi ustrezno izražati različne vidike družbe, vključiti širok spekter ekonomskih, socialnih in okoljskih kazalcev.

V zadnjih dvajsetih letih je bilo narejenih precej poskusov pri iskanju količinskega kazalca razvoja. Ti modeli jemljejo za izhodišče predvsem obstoječo globalno ureditev in navadno tudi razmerje moči v organizacijah, ki so jih predlagali (Seljak, 2001, str. 64). Najpogostejši so bili indeks fizične kvalitete življenja, indeks uravnotežene ekonomske blaginje in indeks človekovega razvoja. Naloga prvega indeksa je bilo merjenje razvoja kot dejavnosti, za kar so bili uporabljeni trije kazalci, smrtnost dojenčkov, pričakovano trajanje življenja ob prvem letu starosti in pismenost. Indeks uravnotežene ekonomske blaginje je leta 1995 utemeljil Cobb, ki je v izračunu kombiniral osebno potrošnjo, prispevek gospodinjstev, stroške, ki nastajajo zaradi ekonomske rasti, zmanjšanje naravnega kapitala in neto spremembo v mednarodnem položaju države.

4.1.1. Indeks človekovega razvoja

Indeks človekovega razvoja je nedvomno najvplivnejši indeks tega področja, njegov namen je pokazati splošne trende in opozoriti na najbolj kritične pojave. Predlagali so ga leta 1990 v okviru Programa Združenih narodov za razvoj (UNDP) kot boljši merilec ravni razvoja in stopnje razvoja posamezne države od BDP na prebivalca. Razvoj so opredelili kot povečanje možnosti človekove izbire, najpomembnejše možnosti pa so se razvijalcem

indeksa z dele izbira dolgega in zdravega življenja, ustrezne izobrazbe in dostojen življenjski standard. Indeks zato vključuje pričakovano trajanje življenja ob rojstvu (možnost za dolgo in zdravo življenje), stopnjo pismenosti in kombinirano stopnjo vpisa v različne ravni izobraževanja (možnost ustrezne izobrazbe) ter BDP na prebivalca (možnost dostojnega življenjskega standarda), ne vključuje pa drugih pomembnih izbir, kot npr. človekovih pravic, političnih svoboščin, samospoštovanja idr. Za izračun indeksa uporabljajo standardizacijo lestvice, pri čemer so določene minimalne in maksimalne vrednosti, vse tri komponente indeksa pa imajo pri izračunu enako utež. Poleg široko zasnovanega indeksa človekovega razvoja so Združeni narodi razvili še nekatere dopolnilne indekse, ki so usmerjeni v določene vidike človekovega razvoja, kot npr. indeks revščine.

Indeks človekovega razvoja ocenjujejo za vse države članice OZN, Hong Kong in Švico ter po skupinah držav. Države so v skupine razvrstili na tri različne načine: na tri velike globalne skupine (države v razvoju, te so še dodatno regionalno razčlenjene, srednje in vzhodnoevropske države in države Skupnosti neodvisnih držav ter države članice OECD), glede na vrednost indeksa človekovega razvoja (države z visoko, srednjo in nizko vrednostjo indeksa človekovega razvoja) in glede na dohodek, merjen z bruto narodnim proizvodom na prebivalca (države z visokim, tj. 9266 USD ali več v letu 2000, srednjim, od 756 do 9265 USD, in nizkim dohodkom). V letu 2000 je vrednost indeksa na svetovni ravni znašala 0,722, med skupinami držav je bila najvišja v državah članicah OECD z visokim dohodkom in je znašala 0,932, najnižja pa v podsaharskih afriških državah (0,471). Ker je v izračunu indeksa uporabljen BDP na prebivalca, je pričakovana zelo visoka stopnja korelacije med indeksom človekovega razvoja in dohodkom, kar potrjujejo tudi rezultati za skupine držav glede na njihov dohodek, saj je povprečni indeks najbogatejših držav enkrat večji od povprečja indeksa najrevnejših (0,918 proti 0,448).

Vrednost indeksa Slovenije je 0,879, kar nas uvršča na 29. mesto, ugoden pa je tudi trend, saj vrednost indeksa narašča od leta 1990. Slovenija se najvišje uvršča po bruto vpisnem količniku (med prvih dvajset držav), po indeksu BDP na prebivalca na 30., po indeksu pričakovane dolžine življenja pa na 32. mesto. V svetovnem merilu Slovenija tako najbolj zaostaja po kazalcu, ki je eden pomembnejših kazalcev splošne blaginje prebivalcev in prebivalk neke države. Indeks človekovega razvoja v celoti torej kaže, da je položaj Slovenije dokaj ugoden, saj se po indeksu in njegovih komponentah uvršča v bogatejšo tretjino držav na svetu, tj. med države z visoko stopnjo človekovega razvoja. Postopno izboljševanje vrednosti indeksa na nacionalni ravni kaže na sicer počasen, a ustaljen in pozitiven razvojni trend.

Kazalci, ki sestavljajo indeks človekovega razvoja, se v enem letu ne bistveno spremenijo, če v državi ni velikih socialnih ali ekonomskih sprememb in neugodnih socialnih učinkov neustrezno zasnovanih politik.

4.1.2. Seljakov kazalec uravnoveženega razvoja

Seljak je svoj kazalec uravnoveženega razvoja (Kura; Seljak, 2001) utemeljil na uravnoveženosti gospodarskega, socialnega in okoljskega področja, pri katerem so gibanja na vseh treh področjih usklajena in nobeno od njih nima privilegija, da bi onemogočalo ali celo zniževalo raven razvoja na drugih dveh. Kura je oblikovana tako, da poleg trajnostnega razvoja meri razvoj tudi na treh vključenih področjih, ki predstavljajo agregacijo druge ravni, pa tudi na nižjih ravneh agregacije (npr. na področju tehnologije, izobraževanja ali hrupa). V obravnavo je zajel 154 statističnih kazalcev v letih 1990, 1995 in 1998 za 24 držav, članic EU in prosilk za sprejem v članstvo. Podatke je standardiziral na lestvici od 0 do 1, pri čemer je za zgornje in spodnje meje upošteval najvišje in najnižje vrednosti, ki so za opazovane države nastopale v obdobju od 1990 do 1998, osnovne kazalce pa preko treh ravni agregacije agregiral v skupno oceno, ki predstavlja uravnoveženost ekonomskega, socialnega in okoljskega področja. Teorija o uravnoveženosti razvoja zahteva enakovreden razvoj na vseh treh vključenih področjih, kar pomeni, da se morajo vrednosti standardiziranih kazalcev na posameznih področjih gibati znotraj čim ožjega razmika, zato Seljak računa tudi variacijski razmik, tj. širino razmika, znotraj katerega se gibljejo vrednosti kazalcev treh osnovnih področij prve ravni agregacije. Čim manjši je ta razmik, bolj je razvoj uravnovežen.

Najvišjo vrednost Kure dosega Norveška pred Finsko in Švedsko. Norveška dosega najboljši oceni tudi pri kazalcih gospodarskega in socialnega področja, po kazalcih okoljskega področja pa je najboljša Latvija. Slovenija je po oceni uravnoveženega razvoja 13., isto mesto dosega tudi na socialnem in okoljskem področju, na gospodarskem pa 14. Rangi Slovenije kažejo na relativno uravnovežen razvoj, vendar pa vrednosti kazalcev na posameznih področjih kažejo, da za najboljšimi državami najbolj zaostaja na socialnem, najmanj pa na okoljskem področju. Na gospodarskem področju se je Slovenija glede na leto 1990 povzpela za pet mest. Stanje se je izboljšalo na področju kazalcev proizvodnje, njene strukture, mednarodne menjave in večine faktorjev gospodarske rasti, poslabšalo pa na področju potrošniških navad prebivalstva. Na socialnem področju je Slovenija od leta 1990 izgubila štiri mesta, v tem času pa se je stanje poslabšalo na področju števila in strukture prebivalstva ter ekonomske neenakosti. Na okoljskem področju se je Slovenija iz 15. mesta leta 1990 povzpela za dve mesti višje, od takrat pa se je popravilo predvsem stanje na področju onesnaženosti in onesnaževanja zraka. Najbolj uravnoveženo stopnjo razvoja (najmanjši variacijski razmik) dosegata Švedska in Češka, pri katerih se vrednosti kazalcev na vseh treh vključenih področjih le malo razlikujejo, vendar dosega Švedska to stopnjo uravnoveženosti na veliko višji ravni razvoja.

4.1.3. Svetovni letopis konkurenčnosti

Svetovni letopis konkurenčnosti (World Competitiveness Yearbook) izdaja Mednarodni inštitut za razvoj podjetništva (IMD) iz Lausanne. V njem poskuša meriti sposobnost nacionalnih gospodarstev za kreiranje konkurenčnega poslovnega okolja, s katerim bi privabljali nove in zadrževali obstoječe investitorje. Poročilo zajema 49 držav na različnih stopnjah gospodarske razvitosti: države OECD, hitro rastoče države vzhodne Azije, vodilne države Latinske Amerike, nekatere države srednje in vzhodne Evrope in druge. IMD sestavi indeks konkurenčnosti za vsako državo iz 224 kazalcev, ki jih razvrsti v štiri temeljne skupine kazalcev trenutnih sposobnosti nacionalnih gospodarstev za privabljanje neposrednih tujih investicij in povečevanje izvoza:

- gospodarska uspešnost (68 kazalcev), ki opisujejo makroekonomsko stanje domačega gospodarstva,
- učinkovitost vlade (84 kazalcev), ki spremljajo, v kolikšni meri vladne politike vodijo in podpirajo nacionalno konkurenčnost,
- učinkovitost podjetij (60 kazalcev), ki ocenjujejo, ali se podjetja obnašajo na inovativen, dobičkonosen in odgovoren način,
- konkurenčnost infrastrukture (74 kazalcev), ki merijo, v kolikšni meri tehnološki, znanstveni in človeški viri zadovoljujejo potrebe poslovnega sektorja.

Vsakega od štirih temeljnih kazalcev sestavlja po pet kazalcev na nižjem nivoju (skupno torej 20), ki imajo pri izračunu skupnega indeksa enako moč, ne glede na to, koliko osnovnih kazalcev jih sestavlja. Vrednosti posameznih osnovnih kazalcev so standardizirane, pri agregaciji na vseh ravneh pa so uporabili aritmetično sredino. Dobra polovica uporabljenih kazalcev je statističnih, te IMD pridobi od partnerskih inštitutov iz obravnavanih držav. Mehke kazalce zbere z anketo med višjim in srednjim managementom v obravnavanih državah. V poročilu za leto 2001 je bilo zbranih 3678 anket.

Po smernicah IMD so najkonkurenčnejše tiste države, ki so najbolj globalno usmerjene, privlačne za investicije ter imajo visoko delovno produktivnost, pogojeno tako z nacionalnim značajem kot sistemom vrednot, zato ne preseneča, da sta bili v letih 2000 in 2001 na prvih dveh mestih ZDA in Singapur. V letu 2001 je bila tretja Finska, leto prej pa Nizozemska. Slovenija je leta 2001 zasedla 39. mesto med 49 državami, leto prej pa med 47 državami 36. Pred Slovenijo so vse države srednje in vzhodne Evrope, ki jih študija obravnava, razen Poljske.

V skupini kazalcev gospodarske uspešnosti je Slovenija dosegla 38. mesto (še leta 1999 je bila 24., leto kasneje pa 30.). Najslabšo konkurenčnost je dosegla pri kazalcih mednarodnih investicij (43. mesto), kar pa je posledica dejstva, da se med kazalci neposrednih vhodnih in izhodnih investicij uporabljajo tudi absolutne vrednosti tokov, ki so za majhne države razumljivo nizke. Najbolje se je Slovenija uvrstila pri kazalcih zaposlovanja (29.), višje kot

po agregatnem indeksu se je uvrstila tudi pri kazalcih domačega gospodarstva (34.), kazalcih mednarodne trgovine (32.) in kazalcih cen (34. mesto). Pri skupini kazalcev, ki spremlja učinkovitost vlade, dosega Slovenija 44. mesto. Največje nacionalno razvojno zaostajanje Slovenije predstavlja konkurenčnost poslovnega okolja, kjer se je Slovenija uvrstila na predzadnje oz. 48. mesto med vsemi ocenjenimi državami. V skupino sodijo kazalci odprtosti in regulacije trga, regulacije konkurence, regulacije trga delovne sile in trga kapitala. Učinkovitost slovenske vlade je najboljše ocenjena s skupino kazalcev javnega financiranja (30. mesto) in izobraževanja (31.), med slabše pa je uvrščena njena fiskalna politika (44.) in institucionalno okolje (39. mesto). Pri kazalcih učinkovitosti podjetij dosega Slovenija 34. mesto. V primerjavi z drugimi državami se je najboljše odrezala po merilih produktivnosti (28. mesto), pozitivno razvojno dispariteto pa izkazujejo s 30. mestom tudi kazalci poslovnega upravljanja ter s 33. mestom kazalci učinka globalizacije. Najslabša uvrstitev je zabeležena pri kazalcih trga dela (44.), problematična pa je tudi konkurenčnost finančnih trgov, kjer je zasedla 40. mesto. V skupini kazalcev konkurenčnosti infrastrukture dosega Slovenija 37. mesto, najslabše izmed petih podindeksov področja kaže z 41. mestom skupina kazalcev sistema vrednot, najvišje (27. mesto) pa dosegajo kazalci tehnološke infrastrukture. Pri osnovni infrastrukturi je Slovenija dosegla 28. mesto, pri kazalcih zdravja in okolja slabše, 35. mesto, še slabše pa je stanje pri kazalcih znanstvene infrastrukture (39. mesto).

Moč poročila IMD je predvsem v njihovih mehkih kazalcih. Vrednosti teh zbirajo z anketo, v kateri višji in srednji management izbranih podjetij na skali od 1 do 6 podaja ocene za svojo državo. Te vrednosti kasneje v inštitutu preslikajo na skalo od 0 do 10 in jih tako objavijo v svoji študiji. IMD pri obdelavi vseh zbranih ocen ne gre dlje od njihove kvantitativne agregacije v enoten indeks in predstavitev prednosti in pomanjkljivosti posameznih držav, kar pa bi preseglo osnovni namen njihove uporabe.

4.1.4. Poročilo o globalni konkurenčnosti

Poročilo o globalni konkurenčnosti izdaja Svetovni ekonomski forum (WEF). Teoretično izhodišče poročila je v novi teoriji rasti, po kateri se družbe razvijajo od nizkih stopenj razvoja in dohodka (gospodarski razvoj na temelju lastnih proizvodnih faktorjev) preko srednjih (na podlagi investicij in tuje tehnologije) do visokih (razvoj na podlagi lastnih inovacij). Hkrati s stopnjo razvoja se spreminja strukturna osnova globalne konkurenčnosti okolja in podjetij, načina proizvodnje in konkuriranja ter vloga vlade. WEF računa dva agregatna indeksa konkurenčne sposobnosti države, da trajno dosega visoke letne rasti v BDP na prebivalca: tekočo (trajnostno) konkurenčnost (indeks CCI – Current Competitiveness Index), ki ocenjuje osnovne pogoje tekoče stopnje produktivnosti dežele (na podlagi mikroekonomskih kazalcev meri niz institucij, tržnih struktur in ekonomskih politik) in ali je stopnja BDP v skladu s temi pogoji in torej vzdržna na dolgi rok ter sposobnost rasti oz. konkurenčnost rasti v prihodnjih petih letih (indeks GCI – Growth

Competitiveness Index), ki poskuša oceniti osnovne pogoje za rast dežele v naslednjih petih letih (podindeksi GCI imajo glede na razvojno stopnjo dežele različne teže). Oba indeksa sta izračunana za 75 držav, pri obeh so uporabljeni tako statistični kot mehki podatki. Te zajemajo z anketami v gospodarstvu, vprašani (teh je več kot 4600) pa primerjajo posamične vidike lokalnega poslovnega okolja z globalnimi standardi.

Najvišjo vrednost GCI za leto 2001 dosega Finska, sledita ji ZDA in Kanada, Slovenija, ki je bila v poročilu za leto 2001 prvič obravnavana, se uvršča na 31. mesto. V skupini kazalcev tehnološkega indeksa (18 kazalcev v 3 podindeksih), ki opisujejo različne procese tehnološkega razvoja za osrednje in periferne države, dosega Slovenija 30. mesto. V tej skupini dosega najslabšo konkurenčnost pri podindeksu informacijske in komunikacijske tehnologije (kazalci interneta, omrežja,...), kjer zasedamo 28. mesto. Najbolje se s 14. mestom (med 51 perifernimi državami) uvrstimo pri kazalcih podindeksa prenosa tehnologije, razmeroma dobro pa s 27. mestom tudi pri podindeksu inovacij. Skupina kazalcev javnih institucij spremlja stanje pogodbenih odnosov in prava ter korupcije v javnih institucij, tu zaseda Slovenija 30. mesto. Pri korupciji z 31. mestom ne odstopa od agregatne uvrstitve, pri stanju pogodb in prava pa bolj (36. mesto). Največje razvojno zaostajanje Slovenije po WEF, sodeč po uvrstitvi, predstavlja področje konkurenčnosti makroekonomskega okolja (39. mesto), ki je tretji steber indeksa rasti GCI. Najslabše stanje kaže podindeks vladnega trošenja (60. mesto), po podindeksu deželne kreditnega ratinga se uvrščamo na 27., po makroekonomski stabilnosti pa na 32. mesto.

Rezultati indeksa CCI uvrščajo na prvo mesto Finsko, ki ji sledita ZDA in Nizozemska (tudi sicer velja močna korelacija med rezultati obeh indeksov), Slovenija se je uvrstila na 32. mesto.

4.2. MODEL EKSPERTNEGA SISTEMA ZA SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

V pospešenem informacijskem upravljanju družbe in vodenju gospodarstva na eni strani ter rastoči ogroženosti naravnega in civilizacijskega okolja za uravnotežen razvoj prihaja do najhitrejšega razslojevanja doslej: le manj kot ena četrtna držav prehiteva globalni razvoj, okrog ena tretjina jih zadržuje svoj položaj, več kot tretjina vseh držav pa izgublja svoj položaj v globalnem razvoju (glede na svoj delež v globalnem BDP ter v BDP na prebivalca). Večina sodobnih raziskovalnih, političnih in razvojnih izhodišč temelji na obstoječi globalni tehnološki, ekonomski in družbeni ureditvi odprtosti in konkurenčnosti, ki jo določajo najrazvitejše in najmočnejše države sodobnega sveta. Vendar pa zgolj odprtost in konkurenčnost nista skladni z razvojnimi interesi večine svetovnega prebivalstva: ta ureditev najbolj koristi milijardi ljudi razvitega sveta, naslednji dve milijardi se trudita potegniti čim večjo korist iz obstoječe ureditve s prilagoditvijo tem

pogojem, medtem ko se v državah preostalih treh milijard prebivalstva uveljavlja globalizacija revščine. Obstoječa globalna ureditev je torej nekompatibilna z razvojnimi interesi najmanj polovice človeštva.

Dosedanje raziskave (npr. Sočan s sodelavci, projekt Copernicus, 1997-1999) dokazujejo, da je za dolgoročno izredno razvojno uspešnost gospodarstev in družb potrebno dvoje: prilagajanje obstoječi uveljavljeni svetovni ureditvi, kar pa mora biti povezano z visoko stopnjo konsenza socialnih partnerjev o upravljanju družbe in vodenju gospodarstva. Prav doseganje konsenza se je izkazalo kot odločilni dejavnik, ki omogoča dolgoročen nadpovprečen razvojni napor države in njene celotne družbe za trajno in pospešeno krepitev ustreznih razvojnih potencialov gospodarstva in družbe, saj je s konsenzom mogoče uspešneje iniciirati in uveljavljati kvalitativne in dinamične razvojne spremembe³.

V tem pogledu sedanji razvojni obeti Slovenije in večine preostalih srednjeevropskih držav v prehodu in kandidatki za članstvo v EU zaradi njihove dosedanje razvojne strategije niso ugodni. Kandidatke pospešeno izvajajo nalogo prilagajanja EU (odprtost in konkurenčnost, globalizacija) s povečevanjem učinkovitosti gospodarstva in države, kar so članice EU opravile že v obdobju med leti 1957 in 1992. Pri tem pa se pospešeno odpira prepad med njimi in članicami EU na področju vlaganj v znanje in informacijsko-komunikacijsko infrastrukturo, kar je osnova za na znanju temelječe gospodarstvo in družbo⁴. Ob tem se postavlja vprašanje, kako naj ravna skupina srednje in vzhodnoevropskih držav, da bi v obdobju ene do dveh generacij dosegle primerljivo razvitost z Evropsko unijo ter s tem prešle med razvita gospodarstva in družbe. Ista raziskava ugotavlja, da bi srednje in vzhodnoevropske države ta cilj lahko dosegle s trajnim, dolgoročnim in nadpovprečno uspešnim razvojem, ki temelji na treh glavnih procesih:

- na uspešnem prilagajanju tehnološkim, ekonomskim in družbenim normam nastajajoče informacijske družbe,
- na izredno visoki ravni konsenza socialnih partnerjev o trajnem in nadpovprečnem razvojnem naporu države in celotne družbe za krepitev celovite strukture razvojnih potencialov in
- na vzajemnem učinkovanju (sinergiji) med zunanjimi in notranjimi vzvodi sodobnega razvoja.

Zato je osnovna teza modela ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja, da mora Slovenija in druge države srednje in vzhodne Evrope za zagotovitev dolgoročnega, izredno uspešnega in s tem tudi trajnostnega razvoja pospešeno slediti razvojnemu obnašanju manjših severnoevropskih držav (ti. držav ali družb konsenza), za katere je

³ Znan primer je Irska s svojim načrtom »Making Knowledge Work For Us« .

⁴ Ta vlaganja znašajo v srednje in vzhodnoevropskih državah med 10 % in 15 %, medtem ko dosegajo med članicami EU med 15 % in 25 % BDP, v visoko razvitem svetu pa nad 20 % BDP. S tem si razvite države zagotavljajo visoko dodano vrednost na zaposlenega, visoko stopnjo kulturne, nacionalne in gospodarske identitete ter s tem visoko stopnjo razvojne konkurenčnosti.

značilna visoka stopnja prilagajanja obstoječi globalni ureditvi na eni strani ob visoki ravni konsenza socialnih partnerjev o nadpovprečnem razvojnem naporu za krepitev svojih razvojnih potencialov, posebno še znanja, informacijskih tehnologij in sodobne infrastrukture.

Razlika med obravnavanim modelom do ostalih pristopov je v njegovi kvalitativnosti. Statistični modeli so razmeroma šibki na področju modeliranja in načrtovanja političnih, družbenih, ekonomskih, tehnoloških, razvojnih in drugih procesov, ki jih praviloma ne moremo kvantitativno meriti, kar je glavni razlog za izbor metode večkriterijskega odločanja, s katerimi enostavneje ponazorimo vsebino teh procesov. Uporaba metodologije ekspertnih sistemov zagotavlja pregledno in fleksibilno simuliranje celovitih in parcialnih vprašanj ekonomskega, družbenega in okoljskega razvoja, tako razvojnih osnov, kot tudi razvojnih ciljev in razvojnih vzvodov. Sodobne informacijske tehnologije omogočajo poglobljeno urejanje, spreminjanje, prenos in uporabo množice indikatorjev, ki pokrivajo specializirana oziroma celovitejša območja razvoja. Te indikatorje zbirajo in obdelujejo Organizacija združenih narodov, Svetovna banka, Mednarodni denarni sklad, Evropska banka za obnovo in razvoj, Evropska unija, Organizacija za ekonomsko sodelovanje in razvoj, Svetovni ekonomski forum, inštitut IMD in podobne institucije. Kot velja za zbiranje, velja tudi na področju teoretične in raziskovalne uporabe indikatorjev, da praktično vse mednarodne ter večina raziskovalnih organizacij jemljejo za izhodišče predvsem obstoječo globalno ureditev.

4.2.1. Izbor kazalcev

Korenski kazalci so štirje in predstavljajo posamezne dimenzije diamanta trajnostnega razvoja. Ti kazalci so:

- sistem, makroekonomsko okolje in trg, ki opredeljuje makroekonomsko okolje v obravnavani državi oz. skupini držav, njihovo normativno ureditev, delovanje trga in odprtost gospodarstva,
- konsenz, ki predstavlja raven konsenza ekonomsko-socialnih partnerjev o potrebnem nadpovprečnem razvojnem naporu,
- razvojni potenciali, ki opredeljuje intenzivnost krepitve razvojnih potencialov obravnavane države oz. skupine držav,
- razvojna konkurenčnost in razvojni dosežki, ki je predstavlja rezultate trajnostnega razvoja.

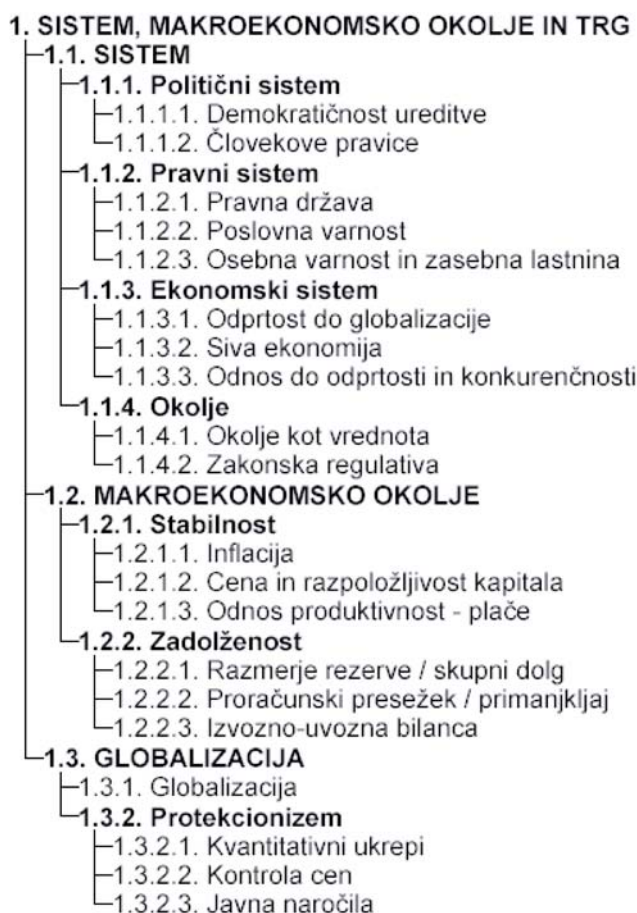
Z analizo korenskih kazalcev od zgoraj navzdol smo v okviru izvedenske skupine določili nižje ležeče kazalce do osnovnih kazalcev, za katere velja, da lahko uporabnik določi njihove vrednosti za obravnavane variante neodvisno od drugih kazalcev. Kazalce smo smiselno strukturirali v štiri hierarhična drevesa kriterijev. Pomensko bližnje kazalce smo

povezali v skupno nadrejen kazalec in ta korak ponavljali do korenskih kazalcev. Struktura kazalcev je za vsako drevo prikazana v slikah 11-14.

Za izpeljavo štirih korenskih kazalcev trajnostnega razvoja smo določili 56 osnovnih kazalcev, iz katerih smo izpeljali 23 kazalcev na vmesnih in 4 kazalce na najvišji ravni (korenske kazalce).

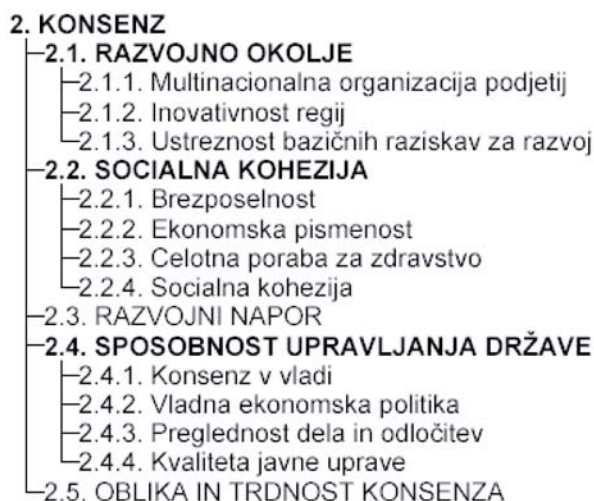
Korenski kazalec Sistem, makroekonomsko okolje in trg določajo politični, pravni in ekonomski sistem, odnos države oz. skupine držav do okolja in njegovega varstva, makroekonomska stabilnost in stabilnost javnih financ in odprtost in konkurenčnost gospodarstva. Slika 11 prikazuje izpeljane in osnovne kazalce, ki opredeljujejo ta korenski kazalec.

Slika 11: Drevo kazalcev Sistem, makroekonomsko okolje in trg



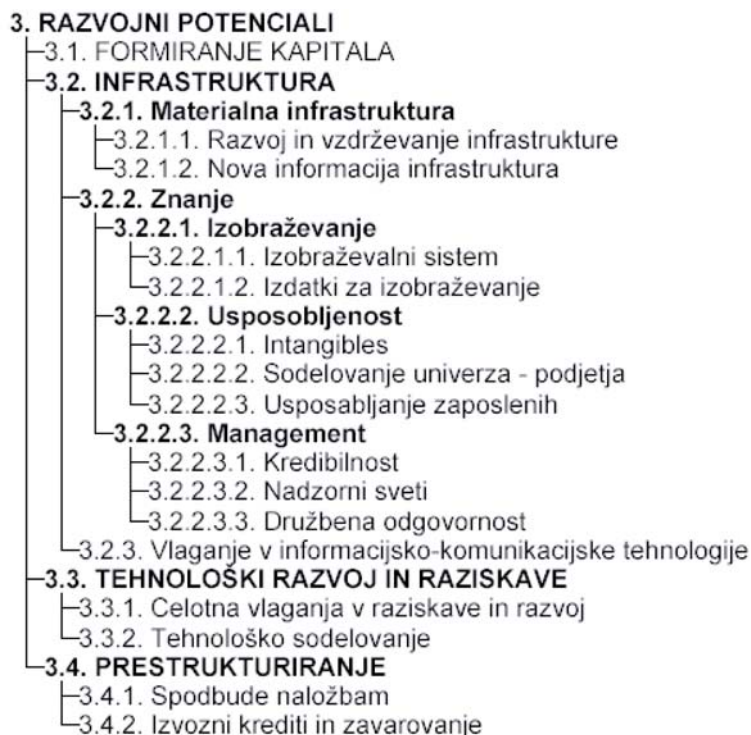
Razvojna in socialna politika ter sposobnost državnega aparata odzivati se na hitre spremembe v mednarodnem in nacionalnem okolju določajo stopnjo in ustreznost konsenza v družbi za doseganje uravnoteženega in trajnostnega razvoja. Slika 12 prikazuje kazalce, ki določajo korenski kazalec Konsenz.

Slika 12: Drevo kazalcev Konsenz



Drevo kazalcev Razvojni potenciali določa kazalce, ki po izvedenskem mnenju najmočnejše prikazujejo intenzivnost krepitve razvojnih potencialov, in njihovo strukturo. Obravnavane države oz. skupine držav svoje razvojne potenciale krepijo s formiranjem novega kapitala, vlaganjem v materialno in nematerialno infrastrukturo, kar vključuje tudi vlaganje v človeški kapital in sodobne informacijsko-komunikacijske tehnologije, s tehnološkim razvojem in raziskavami ter prestrukturiranjem gospodarstva.

Slika 13: Drevo kazalcev Razvojni potenciali



Drevo kazalcev Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost predstavlja rezultate, ki jih dosega država oz. skupina držav. Te predstavljajo jo tri podpodročja: relativna gospodarska rast, razvitost ter kvaliteta življenja in okolja ter identiteta – integriteta.

Slika 14: Drevo kazalcev Razvojna konkurenčnost in razvojni dosežki



Večina uporabljenih kazalcev je kvalitativnih oz. mehkih. Med 56 osnovnimi kazalci je 41 mehkih, 15 pa kvantitativnih oz. statističnih. Viri podatkov za statistične kazalce so baze podatkov mednarodnih organizacij, kot so Organizacija združenih narodov in njen sistem, Svetovna banka, Mednarodni denarni sklad, statistični urad EU Eurostat, OECD idr. Vrednosti posameznih statističnih podatkov veljajo v glavnem za vse države za isto leto. Za testiranje modela ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja smo za mehke kazalce izbrali najbolj sorodne kazalce iz Svetovnega letopisa konkurenčnosti držav inštituta IMD. Ta izbor utemeljuje tudi študija UMAR (Gmeiner et al., 2001), ki primerja ustreznost analiz konkurenčne sposobnosti družb in gospodarstev IMD in Svetovnega gospodarskega foruma (WEF) za Slovenijo. Avtorji ugotavljajo, da je zaradi širše podatkovne osnove in možnosti fleksibilne uporabe štiriagregatne učinkovitosti v izračunu »pripravljenosti držav za prihodnost« ustreznejši izbor in struktura kazalcev IMD.

V naslednjih fazah dela na projektu bo skupina izvedencev določila nove mehke kazalce trajnostnega razvoja, ki bodo nadomestili večino mehkih kazalcev, uporabljenih pri v prvi fazi razvoja modela.

Vsem kazalcem, ki nastopajo v modelu, moramo določiti zalogo vrednosti. Pri metodi Dex so zaloge vrednosti kriterijev kvalitativne, največkrat so sestavljene iz besed oz. številskih intervalov (npr. 10.000-20.000 USD za BDP na prebivalca). V fazi testiranja modela smo zalogo vrednosti tistih osnovnih kazalcev, ki se v izpeljani kazalec agregirajo samo z osnovnimi kazalci, določili zalogo vrednosti s tremi domenami, tj. vrednostmi, ki jih ob agregaciji lahko zavzame izpeljani kazalec. Osnovnim kazalcem, ki kot argument funkcije koristnosti nastopajo z enim ali več izpeljanih kazalcev, ti so globalizacija, razvojni napor, oblika in trdnost konsenza, formiranje kapitala, vlaganje v informacijsko-komunikacijske tehnologije in relativna gospodarska rast, smo določili zalogo vrednosti s po štirimi

domenami. Zaloge vrednosti vseh izpeljanih kazalcev imajo po štiri domene, štirih korenskih kazalcev pa po pet.

Za vsak kazalec ugotovimo, na kakšen način vpliva na trajnostni razvoj. V modelu predpostavljamo, da imajo uporabljeni kazalci linearni pozitivni oz. negativni vpliv na trajnostni razvoj.

Skladno z osnovno tezo projekta, da morajo posamezne države za zagotovitev dolgoročnega, izredno uspešnega in trajnostnega razvoja slediti razvojnemu obnašanju držav z visoko stopnjo prilagajanja obstoječi globalni ureditvi in z visoko ravniyo družbenega konsenza o nadpovprečnem razvojnem naporu, smo za preslikavo zveznih številskih vrednosti posameznih kazalcev v kvalitativne diskretne vrednosti uporabili domnevo o njihovi normalni porazdelitvi. Za vsako spremenljivko smo izračunali njeno aritmetično sredino in standardni odklon, vrednost pa preslikali z naslednjim pravilom:

če $y_i < \hat{y} - \sigma$, potem diskretna vrednost *podpovprečno*,
sicer $y_i < \hat{y} + \sigma$, potem diskretna vrednost *povprečno*,
sicer diskretna vrednost *nadpovprečno*,

pri pozitivni obliki povezave, pri negativni obliki pa velja naslednje pravilo:

če $y_i > \hat{y} + \sigma$, potem diskretna vrednost *podpovprečno*,
sicer $y_i > \hat{y} - \sigma$, potem diskretna vrednost *povprečno*,
sicer diskretna vrednost *nadpovprečno*,

pri čemer je $\hat{y}$ aritmetična sredina, σ pa standardni odklon za obravnavano spremenljivko.

Vrednosti šestih osnovnih kazalcev, ki smo jim, ker nastopajo kot argumenti funkcij koristnosti skupaj z izpeljanimi kazalci, določili zalogo vrednosti s štirimi domenami, preslikamo v diskretne vrednosti po naslednjem pravilu (pri vseh šestih kazalcih predpostavljamo linearni pozitivni vpliv):

če $y_i < \hat{y} - \sigma$, potem diskretna vrednost *podpovprečno*,
sicer $y_i < \hat{y}$, potem diskretna vrednost *povprečno minus*,
sicer $y_i < \hat{y} + \sigma$, potem diskretna vrednost *povprečno plus*,
sicer diskretna vrednost *nadpovprečno*,

pri čemer je $\hat{y}$ aritmetična sredina, σ pa standardni odklon za obravnavano spremenljivko.

Pri normalni porazdelitvi velja, da je verjetnost, da se vrednost normalno porazdeljene zvezne spremenljivke razlikuje od aritmetične sredine kvečjemu za en standardni odklon, 0,6827. Države, ki pri posameznem kriteriju dobijo oceno *nadpovprečno*, so v tem kazalcu

nadpovprečno uspešne glede na obravnavano skupino držav, tiste z oceno *podpovprečno*, pa podpovprečno uspešne.

Zaradi poenostavitve zapisa (in tudi zaradi omejitev grafičnih prikazov programov Dex in Vredana) so zaloge vrednosti osnovnih in izpeljanih kazalcev (*{podpovprečno, povprečno, nadpovprečno}* pri osnovnih kazalcih, *{podpovprečno, povprečno minus, povprečno plus, nadpovprečno}* pri izpeljanih in nekaterih osnovnih kazalcih in *{nezadostno, zadostno, dobro, prav dobro, odlično}* pri korenskih kazalcih) zapisane z diskretnimi vrednostmi $\{1,2,3\}$, $\{1,2,3,4\}$ oz. $\{1,2,3,4,5\}$. Diskretne vrednosti oz. ocene pri posameznih kazalcev moramo brati na ordinalni lestvici – 1 ne pomeni dvakrat slabšo oceno od 2.

4.2.2. Definicija funkcij koristnosti

V nadaljevanju določimo funkcije koristnosti, ki opredeljujejo vpliv nižjenivojskih kazalcev na tiste, ki ležijo višje v drevesu, vse do korena drevesa. V Dexu funkcije koristnosti določimo s pravili če-potem. Program pripravi tabelo z vsemi kombinacijami vrednosti argumentov funkcije, sami pa določimo vrednost rezultata funkcije. Tabela 5 poenostavljeno prikazuje funkcijo koristnosti s katero iz kazalcev inflacija, cena in razpoložljivost kapitala ter odnos med plačami in produktivnostjo izpeljemo kazalec 1.2.1. (Makroekonomska) Stabilnost.

Tabela 5: Funkcije koristnosti za izpeljani kazalec 1.2.1. Stabilnost

	1.2.1.1. 33%	1.2.1.2. 33%	1.2.1.3. 33%	1.2.1.
1	1	1	*	1
2	1	*	1	1
3	*	1	1	1
4	1	≥ 2	≥ 2	2
5	≥ 2	1	≥ 2	2
6	≥ 2	≥ 2	1	2
7	2	2	≥ 2	3
8	2	≥ 2	2	3
9	≥ 2	2	2	3
10	≥ 2	3	3	4
11	3	≥ 2	3	4
12	3	3	≥ 2	4

Legenda:

- 1.2.1.1. Inflacija
- 1.2.1.2. Cena in razpoložljivost kapitala
- 1.2.1.3. Odnos produktivnost-plače
- 1.2.1. Stabilnost

Tabelo beremo po vrsticah. Prikaz v tabeli je poenostavljen, namesto 27 (trije kazalci s po tremi vrednostmi v zalogi vrednosti – $3^3=27$), je prikazanih 12 poenostavljenih funkcij koristnosti, pri čemer znak * beremo kot »karkoli«. Vrstica, označena s številko 1, tako

pomeni: če je inflacija (v tabeli označena z 1.2.1.1.) nadpovprečno visoka oz. 1 kot v tabeli, cena kapitala visoka, hkrati pa je še slabše razpoložljiv (1), je makroekonomska stabilnost (rezultat funkcije) podpovprečna oz. v tabeli 1, ne glede na oceno za odnos med produktivnostjo in plačami (ne glede na to, kolikšen delež dodane vrednosti se namenja za plače zaposlenih).

Druga vrstica tabele prikazuje uteži, ki jih imajo posamezni kazalci pri agregaciji. V primeru funkcije iz tabele imajo vsi trije kazalci enako moč pri določanju rezultata funkcije. Dex omogoča določanje funkcij koristnosti tudi tako, da posameznim kazalcem, ki nastopajo kot argumenti funkcije koristnosti, določimo moč njihovega vpliva oz. uteži. Izbranim kombinacijam argumentov nato določimo vrednosti rezultatov njihovih agregacij, sistem pa nato sam predlaga ustrezne vrednosti za vse druge kombinacije vrednosti argumentov funkcije. V našem modelu smo predpostavljali, da imajo vsi kazalci enak vpliv.

V modelu smo določili skupaj 2310 funkcij koristnosti. Dex olajša določanje funkcij koristnosti s sprotnim opozarjanjem na morebitne nekonsistentnosti, na nekaterih mestih v tabeli pa tudi sam predlaga ustrezne vrednosti, ki jih izpelje iz do takrat že določenih pravil.

4.2.3. Opis variant

Model obravnava 39 držav, razvrščenih v sedem razvojno značilno različnih skupin gospodarstev in družb sodobnega sveta:

- **Države konsenza:** v to skupino smo uvrstili majhne evropske države Avstrijo, Dansko, Finsko, Irsko, Nizozemsko, Norveško, Švedsko in Švico. Za države iz te skupine je značilna politična volja, moč in konsenz ekonomsko-socialnih partnerjev za ustvarjanje ustreznega okolja, v katerem trajno krepijo svoje človeške, tehnološke, inovacijske, naložbene in druge razvojne potencialne v podjetjih, gospodarstvu in celotni družbi za doseganje zastavljenih strateških razvojnih ciljev (Sočan, 2001, str. 5). Države iz te skupine so v obdobju od leta 1994 do 2001 poleg ZDA dosegale najvišje stopnje gospodarske rasti med razvitimi zahodnimi državami (najboljše rezultate dosega Irska s povprečno letno rastjo realnega BDP 8,9 % v navedenem obdobju) in tako v zadnjem desetletju postale za Luksemburgom in ZDA najbogatejše države sveta, merjeno z BDP na prebivalca po pariteti kupne moči.
- **Države blaginje:** v to skupino smo uvrstili velike evropske ekonomije Francijo, Nemčijo in Veliko Britanijo ter majhno Belgijo. Gre za visoko razvite in bogate države, za katere pa ni značilna tako visoka stopnja konsenza ekonomsko-socialnih partnerjev, kot pri državah iz prve skupine. Za te države je značilno, da si država prizadeva za pobiranje čim višjih davkov za vzdrževanje blaginje, kapital si prizadeva dosega čim višje dobičke ali pa izvažati delovna mesta, delo si prizadeva dosega čim

višje plače, vloga civilne družbe pa je zaradi strankarske pripadnosti pogosto manj učinkovita (Sočan, 2001, str. 25). Razvojna moč teh družb zato ni optimalna.

- Južnoevropske države: za te države je značilna manj razvita materialna in nematerialna infrastruktura, regulacija trgov, socialna zaščita, paralelna (siva, neregistrirana in blagovna) ekonomija in najnižji stroški dela med razvitimi zahodnimi državami (IMD, 2001, str. 47). V to skupino smo uvrstili Grčijo, Italijo, Portugalsko in Španijo. Te države (razen Italije) so v zadnjih letih dosegale višje stopnje gospodarske rasti od držav iz skupine držav blaginje, vendar na nižji stopnji razvitosti (po BDP na prebivalca po pariteti kupne moči). Za te države je značilna nizka stopnja konsenza.
- Države srednje in vzhodne Evrope. V to skupino smo uvrstili nekatere države kandidatke za vključitev v Evropsko unijo – Češko, Estonijo, Madžarsko, Poljsko, Slovaško in Slovenijo. Te države bodo do konca leta 2002 prevzele sistemske norme Evropske unije na področjih političnega, pravnega in ekonomskega sistema, človekovih pravic, funkcioniranja države ipd., vendar morajo za nadpovprečni razvojni napor in vključitev med razvite družbe v obdobju približno ene generacije slediti zgledu držav konsenza ter tehnološko prenoviti svoja gospodarstva, razviti celovito sodobno infrastrukturo ter usposobiti svoje prebivalstvo za komuniciranje in delo v informacijski družbi (Sočan, 2001, str. 6).
- Azijski tigri: v to skupino smo uvrstili vzhodnoazijske države in ozemlja Hong Kong, Kitajsko, Korejo, Malezijo, Singapur, Tajsko in Tajvan. Za te države je značilen hiter razvoj v zadnjih treh desetletjih, tudi v zadnjih osmih letih je bila njihova gospodarska rast nadpovprečna (najhitreje se razvija Kitajska s povprečno letno rastjo realnega BDP 8,9 %). Z vidika zahodne perspektive je značilnost azijskih tigrov relativna nedemokracija političnih sistemov (Jaklič, 1994, str. 71).
- Manj razvite države plus: v to skupino držav smo uvrstili Argentino, Brazilijo, Južno Afriko, Mehiko in Turčijo, ki dosegajo med 6.700 USD (Turčija) in 12.100 USD (Argentina) BDP na prebivalca (po pariteti kupne moči). Gre za države, ki bi jih lahko po Porterju uvrstili med naložbeno konkurenčne države. Za te države je značilno, da k gospodarski rasti najbolj prispeva prenos in uveljavitev tujih tehnologij v lokalno industrijo. Neposredne tuje investicije, skupna vlaganja in najemanje tujih storitev (outsourcing) prispevajo k integraciji narodnih gospodarstev v mednarodne produkcijske sisteme in tako ustvarjajo pogoje za pritok tujega kapitala in tehnologij (WEF, 2002, str. 17).
- Manj razvite države minus: v to skupino smo uvrstili Filipine, Indijo, Indonezijo, Kolumbijo in Venezuelo. Te države dosegajo med 2.400 USD (Indija) in 5.800 USD (Kolumbija) BDP na prebivalca (po pariteti kupne moči). Te države bi jih lahko po Porterju uvrstili med stroškovno konkurenčne države, katerih gospodarska rast temelji na izrabi primarnih produkcijskih faktorjev – zemlje, primarnih proizvodov in nekvalificiranega dela (WEF, prav tam).

Razvrstitev držav v skupine je predlog izvedencev. Izvedensko razvrstitev posameznih držav v skupine smo testirali z dvema statističnima metodama, z izračunom koeficientov

variacije in z uporabo ti. cluster analize ali grozdenja. Koeficienti variacije predstavljajo razmerje med standardnim odklonom in aritmetično sredino. Za vsako skupino držav smo za vsak osnovni kazalec izračunali aritmetične sredine vrednosti, ki jih dosegajo države v skupini, in njihove standardne odklone. Izračunani koeficienti variacije so večinoma zelo nizki (pod 0,5), vendar se pri nekaterih skupinah držav pojavljajo primeri, ko se vrednost kazalca ene od držav v skupini neznatno razlikuje od aritmetične sredine skupine, tj. za več kot dva standardna odklona. Pri normalno porazdeljeni zvezni spremenljivki y je verjetnost, da se njena vrednost razlikuje od aritmetične sredine za največ dva standardna odklona, 0,9545. Tabela 6 prikazuje osnovne kazalce in države, katerih vrednosti se od aritmetične sredine vrednosti vseh držav iz iste skupine razlikujejo za več kot dva standardna odklona.

Tabela 6: Osnovni kazalci in države, kjer se pojavljajo neznatna odstopanja glede na skupino držav, ki ji država pripada

oznaka	ime kazalca	država	skupina, ki ji država pripada	smer odstopanja
1.1.1.1.	Demokracija ureditve	Singapur	azijski tigri	↑
1.1.4.1.	Okolje kot vrednota	Singapur	azijski tigri	↑
1.2.1.2.	Cena in razpoložljivost kapitala	Norveška	države konsenza	↓
1.2.1.3.	Odnos produktivnost / plače	Irska	države konsenza	↑
1.2.2.1.	Razmerje rezerve / skupni dolg	Portugalska	južnoevr. države	↑
1.2.2.2.	Proračunski presežek / primanjkljaj	Singapur	azijski tigri	↑
1.2.2.3.	Tekoči račun plačilne bilance	Singapur	azijski tigri	↑
1.3.2.1.	Kvantitativni ukrepi	Norveška	države konsenza	↓
2.1.1.	Multinacionalna organizacija podjetij	Norveška	države konsenza	↓
2.1.3.	Ustreznost bazičnih raziskav za razvoj	Norveška	države konsenza	↓
2.2.1.	Brezposelnost	Finska	države konsenza	↑
2.3.	Razvojni napor	Irska	države konsenza	↑
		Poljska	dr.sred.in vzh.E.	↑
		Kitajska	azijski tigri	↑
2.4.2.	Vladna ekonomska politika	Singapur	azijski tigri	↑
3.2.2.2.2.	Sodelovanje med univerzami in podjetji	Finska	države konsenza	↑
3.2.2.2.3.	Usposabljanje zaposlenih	Singapur	azijski tigri	↑
3.4.1.	Spodbude naložbam	Singapur	azijski tigri	↑
Legenda: ↓ ... $y < \hat{y} - 2\sigma$ ↑ ... $y > \hat{y} + 2\sigma$ y ... vrednost kazalca za državo $\hat{y}$... povprečna vrednost kazalca za skupino držav σ ... standardni odklon				

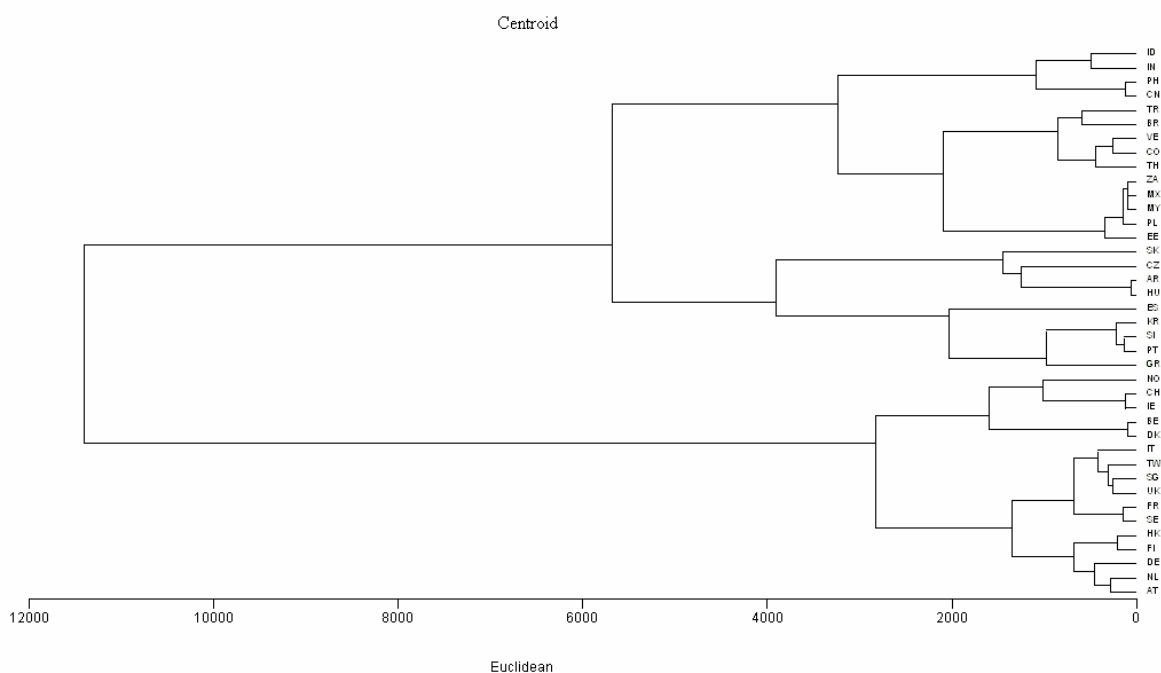
Državi, katerih vrednosti osnovnih kazalcev največkrat neznatno odstopajo od aritmetičnih sredin skupine, sta Norveška (navzdol) in Singapur (navzgor), ki tudi dosegata najslabše oz. najboljše rezultate v skupinah, v katere smo ju razvrstili. Irska neznatno odstopa v dveh primerih, Poljska in Portugalska pa po enkrat. Kljub nekaterim

odstopanjem od statističnega povprečja se je izvedenska skupina odločila, da ohrani Norveško v skupini držav konsenza in Singapur med azijskimi tigri.

Cluster analiza ali grozdenje razvrsti elemente opazovane množice (v našem primeru države) na podlagi lastnosti posameznih elementov (v našem primeru kazalcev in njihovih vrednosti) v dve ali več ločenih skupin, v katerih so člani neke skupine med seboj podobni po obravnavanih značilnostih. Za grozdenje je bilo razvitih več metod, najbolj pogoste pa temeljijo na zgoščevalnih hierarhičnih metodah, ki clusterje oz. grozde, skupine, uredijo v hierarhično drevo, imenovano dendrogram. Zgoščevalnost pri grozdenju pomeni, da ta poteka tako, da vsak obravnavani objekt na začetku obravnavamo kot samostojni grozd, v nadaljnjih korakih pa združujemo najbolj podobne objekte in/ali grozde, dokler ne dobimo enotne, hierarhične skupine. Rezultat je dendrogram, v katerem ležijo med seboj najbolj podobni objekti skupaj, dolžina vodoravnih črt, ki povezujejo dva objekta ali grozda, pa kaže stopnjo podobnosti med njima.

Poznamo več vrst zgoščevalnih metod grozdenja, ki se med seboj razlikujejo v algoritmu za izračun podobnosti med obravnavanimi objekti. Našo razvrstitev držav v skupine smo testirali s štirimi metodami. 39 obravnavanih držav smo v ločevali v grozde na podlagi podobnosti pri izvornih vrednostih za 56 osnovnih kazalcev. Rezultat grozdenja je bil pri vseh štirih enak. Slika 15 na strani prikazuje dendrogram po metodi neobtežene povprečne povezave (metoda centroid).

Slika 15: Dendrogram za uvrstitev držav v skupine



Dendrogram jasno razlikuje tri velike skupine držav, če pa razdaljo kot mero razlikovanja med posameznimi državami še zmanjšamo (če se približamo 0 na abscisni osi), lahko ločimo šest skupin držav:

- Indija, Indonezija, Filipini in Kitajska,
- Turčija, Brazilija, Venezuela, Kolumbija, Tajska, Južna Afrika, Mehika, Malezija, Poljska in Estonija,
- Slovaška, Češka, Argentina in Madžarska,
- Španija, Koreja, Slovenija, Portugalska in Grčija,
- Norveška, Švica in Irska,
- Tajvan, Singapur, Velika Britanija, Italija, Francija, Švedska, Belgija, Danska, Hong Kong, Finska, Nemčija, Nizozemska in Avstrija.

Rezultat grozdenja se delno razlikujejo od izvedenske razvrstitve držav po skupinah. Cluster analiza oz. grozdenje objekte loči v skupine na podlagi kvantitativnih statističnih metod, ki upoštevajo trenutno stanje ali razvoj posameznih objektov, ne upoštevajo pa »mehkih« dejavnikov, kot so geografska lokacija ali različni politični in ekonomski sistemi, stopnja družbenega konsenza ipd., in s tem posledično tudi različnost oz. podobnost temeljnih razvojnih vprašanj. Odstopanje dejanskih rezultatov grozdenja od pričakovanih je lahko tudi kazalec, da morda nek vidik v modelu ni ustrezno zajet in je odločitveni prostor tako slabo zapolnjen. V takem primeru lahko modelu dodamo nove kazalce in ponovno testiramo model. Tako lahko grozdenje pred vrednotenjem variant uporabimo tudi za testiranje ustreznosti izbora uporabljenih kazalcev.

4.2.4. Vrednotenje in analiza variant

Zadnji korak je analiza obravnavanih variant. Za vsako varianto (skupino držav) ugotovimo vrednosti osnovnih kazalcev. V našem primeru smo vrednosti osnovnih kazalcev za skupino držav izračunali kot aritmetično sredino vrednosti kazalca za države, ki sestavljajo posamezno skupino držav, tako dobljeno vrednost pa smo preslikali v diskretno vrednost po pravilu, ki ga predstavljam v podpoglavju Izbor kazalcev.

V modelu obravnavamo sedem skupin držav in posebej Slovenijo.

Izračun vrednosti obravnavanih variant poteka z izračunavanjem vrednosti funkcij koristnosti od osnovnih proti korenskemu kazalcu. Vrednosti osnovnih kazalcev v procesu vrednotenja določijo oceno korenskega kazalca, ki predstavlja končno oceno variante v okviru drevesa kriterijev. Tabela 7 prikazuje vrednosti korenskih kazalcev za obravnavane variante.

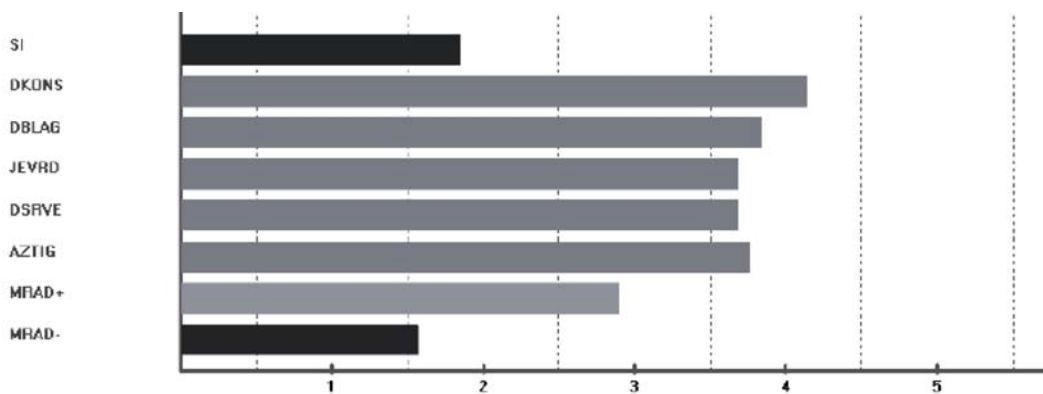
Tabela 7: Rezultati vrednotenja s kvalitativnim modelom

	Države konsen- za	Države blaginje	Južno- evro- pske države	Države srednje in vzhod- ne Evrope	Azijski tigri	Manj razvite države plus	Manj razvite države minus	Slove- nija
Sistem, makro- ekonomsko okolje in trg	prav dobro	prav dobro	prav dobro	prav dobro	prav dobro	dobro	zadostno	zadostno
Konsenz	prav dobro	dobro	dobro	dobro	prav dobro	dobro	nezado- stno	zadostno
Razvojni potenciali	prav dobro	prav dobro	dobro	zadostno	prav dobro	dobro	zadostno	zadostno
Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost	odlično	dobro	prav dobro	prav dobro	prav dobro	dobro	nezado- stno	dobro

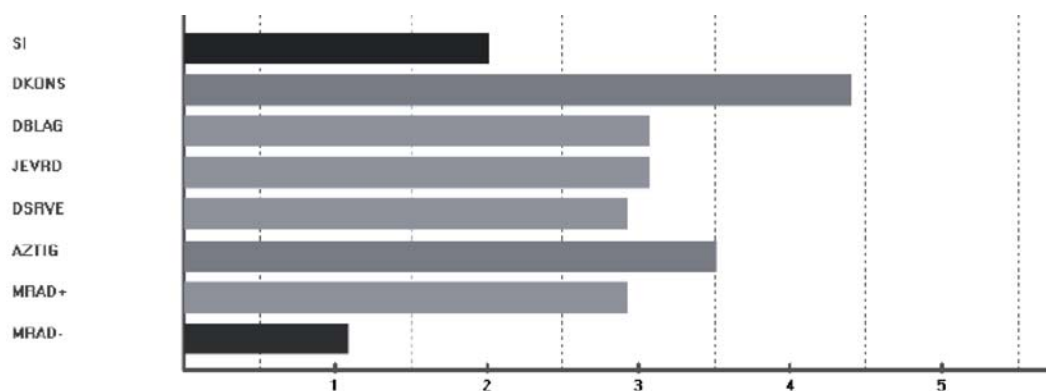
Zaradi diskretnih vrednosti kazalcev iz tabele ni mogoče razbrati razlike med skupinami držav z enakimi vrednostmi rezultatov po vrsticah (po komponentah trajnostnega razvoja). Dex pri tem dopolnjuje program Vredana, ki omogoča grafične prikaze rezultatov vrednotenja. Na sliki 16 (a-č) so prikazani rezultati vrednotenja za Slovenijo (SI) in obravnavane skupine držav konsenza (DKONS), blaginje (DBLAG), južnoevropske države (JEVRD), države srednje in vzhodne Evrope (DSRVE), azijske tigre (AZTIG), manj razvite države plus (MRAD+) in minus (MRAD-).

Slika 16: Rezultati vrednotenja za Slovenijo in obravnavane skupine držav

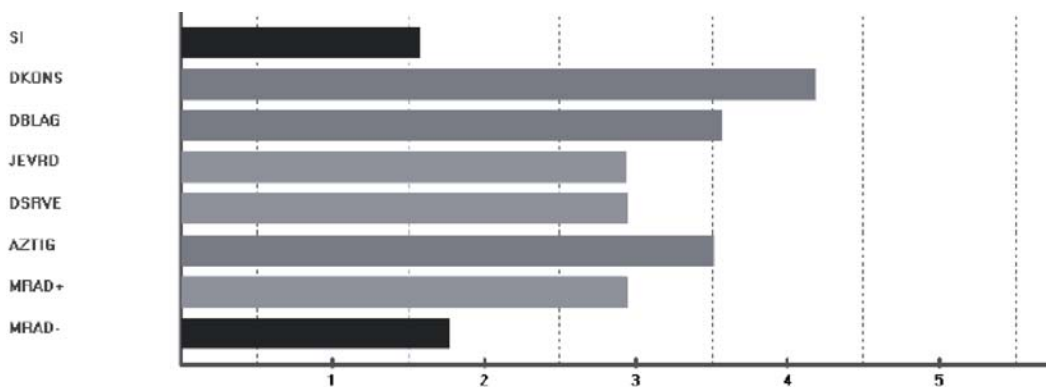
a. Sistem, makroekonomsko okolje in trg



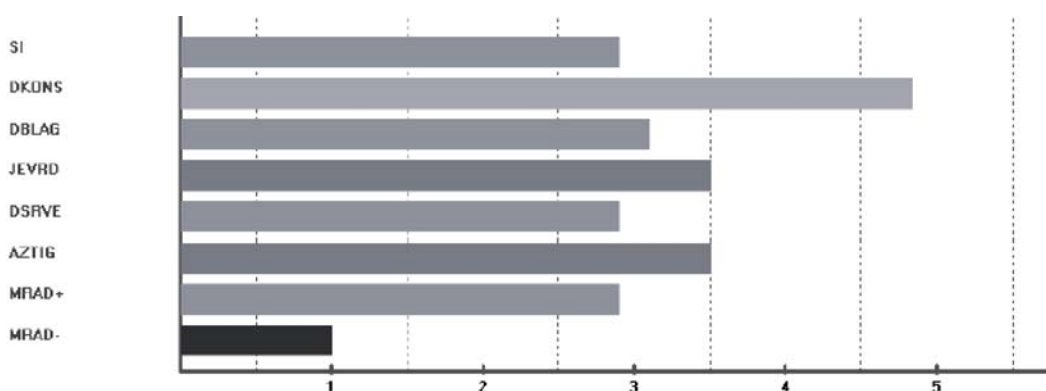
b. Konsenz



c. Razvojni potenciali



č. Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost



Legenda k slikam 16a-č:

SI Slovenija

DKONS Države konsenza

DBLAG Države blaginje

JEVRD Južnoevropske države

DSRVE Države srednje in
vzhodne Evrope

AZTIG Azijski tigri

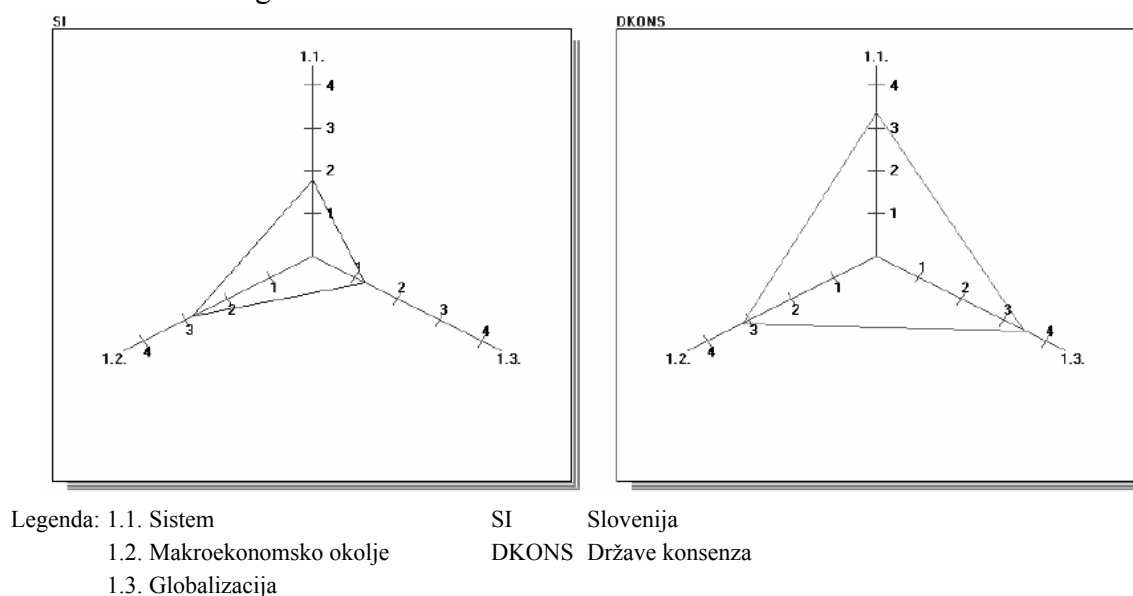
MRAD+ Manj razvite države plus

MRAD- Manj razvite države minus

Najboljše rezultate pri vseh štirih skupinah kazalcev trajnostnega razvoja dosegajo države konsenza, za katerimi ne zaostajajo ostale razvite države, ki narekujejo globalno ureditev, niti države srednje in vzhodne Evrope, ki uspešno prevzemajo sistemske norme razvitega sveta. Žal po rezultatih to ne velja za Slovenijo, ki, razen pri drevesu, ki predstavlja rezultate (Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost), dosega slabše rezultate od povprečja držav iz svoje skupine, ob izredno velikem zaostanku za rezultati, ki jih dosegajo države konsenza.

Kot kaže slika 17a, Slovenija (SI) v primerjavi z državami konsenza (DKONS) najbolj zaostaja na podpodročjih sistem (1.1.) in globalizacija (1.3.), manj izrazito pa pri makroekonomskem okolju (1.2.). Podobno ugotavlja Poročilo o razvoju Urada za makroekonomske analize in razvoj, ki spremlja uresničevanje Strategije gospodarskega razvoja Slovenije. Slovenija je v večini že sprejela z evropskimi normativi in standardi usklajene predpise in zaprla večino poglavij pogajanj z Evropsko unijo, vendar se zaradi nedokončanih institucijskih reform tranzicije ohranjata neposredni politični vpliv v gospodarstvu ter pretirana reguliranost posameznih gospodarskih sektorjev in segmentov trga dela, take razmere pa ohranjajo okoliščine za implementacijski deficit⁵ (Murn in Kmet, 2002, str. 27). Makroekonomska stabilnost se je po letu 1999 poslabšala, razmeroma ugodni gospodarski rezultati so bili doseženi ob izrazitejših makroekonomskih neravnovesjih, katerih nadaljevanje, predvsem na cenovnem, plačnem in javnofinančnem področju, bi lahko postalo resen omejevalni dejavnik za realizacijo ciljev strategije.

Slika 17a: Primerjava ocen za Slovenijo (SI, levo) in države konsenza (DKONS, desno) po podpodročjih drevesa kazalcev Sistem, makroekonomsko okolje in trg



⁵ Implementacijski deficit je razlika med formalno sprejetim in dejansko funkcionalnim uresničevanjem sprejetega, med formalno normirano in dejansko vplivnostjo različnih družbenih akterjev.

Poleg ocenjevanja variant omogoča Dex tudi njihovo selektivno analizo, s katero ugotavlja, katere veje drevesa (osnovni kazalci kot listi in iz njih izpeljani kazalci) najpomembneje vplivajo na končno oceno variante. Prednosti in pomanjkljivosti vsake obravnavane variante prikaže v obliki tabele, katere primer je tabela 8(a-č), ki predstavlja prednosti in pomanjkljivosti Slovenije in skupin držav srednje in vzhodne Evrope ter držav konsenza. Na ta način lahko določimo kritične točke za vsako obravnavano varianto, model pa testiramo z želenimi vrednostmi, ki naj bi jih variante zavzemale, da bi odpravili kritične točke. S pomočjo analize kaj-če lahko tako izvajamo različne simulacije v modelu.

Tabela 8a: Prednosti (Advantages) in pomanjkljivosti (Disadvantages) Slovenije, držav srednje in vzhodne Evrope ter držav konsenza za drevo kazalcev Sistem, makroekonomsko okolje in trg

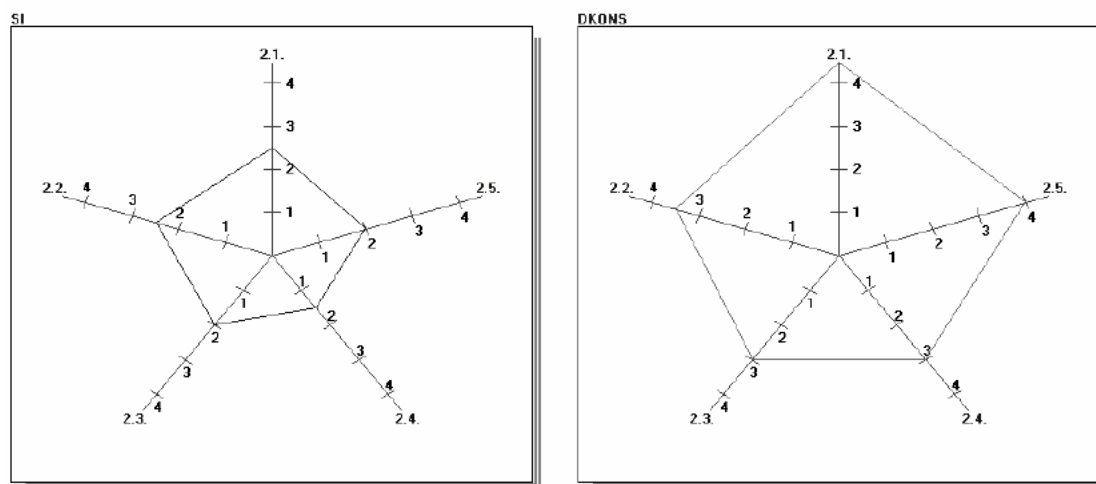
Slovenija	Države srednje in vzhodne Evrope	Države konsenza
ADVANTAGES: None DISADVANTAGES Attribute Value . 1.3. 1 . . 1.3.2. 1 . . . 1.3.2.2. 1 . . . 1.3.2.3. 1 . . 1.1.4. 1 . . . 1.1.4.1. 1 . . . 1.1.4.2. 1 . . . 1.1.3.2. 1	ADVANTAGES: None DISADVANTAGES: None	ADVANTAGES Attribute Value . 1.3. 4 . . 1.3.1. 4 . . 1.1.2. 4 . . . 1.1.2.1. 3 . . . 1.1.2.2. 3 . . . 1.1.2.3. 3 . . . 1.1.1.2. 3 . . . 1.1.4.1. 3 . . . 1.2.1.2. 3 DISADVANTAGES: None
Legenda: 1.1.1.2. Človekove pravice 1.1.2. Pravni sistem 1.1.2.1. Pravna država 1.1.2.2. Poslovna varnost 1.1.2.3. Osebna varnost in zasebna lastnina 1.1.3.2. Siva ekonomija 1.1.4. Okolje 1.1.4.1. Okolje kot vrednota 1.1.4.2. Zakonska regulativa 1.2.1.2. Cena in razpoložljivost kapitala 1.3. Globalizacija 1.3.1. Globalizacija 1.3.2. Protekcionizem 1.3.2.2. Kontrola cen 1.3.2.3. Javna naročila		

Na področju sistemskih, tržnih in makroekonomskih kazalcev trajnostnega razvoja Slovenija so pomanjkljivosti Slovenije izpeljani kazalec podpodročja globalizacija (zaradi ocene izpeljanega kazalca protekcionizem, kar je posledica podpovprečnih ocen osnovnih kazalcev kontrola cen in javna naročila) ter podpodročje okolja (zaradi podpovprečnih ocen pri njegovih obeh argumentih, okolje kot vrednota in okoljska zakonska regulativa).

Države konsenza dosegajo svoje največje prednosti prav na področju globalizacije in podpodročju pravnega sistema.

Na področju konsenza Slovenija še posebej izrazito zaostaja za državami konsenza na podpodročjih razvojno okolje in oblika in trdnost konsenza, močno pa tudi na ostalih treh podpodročjih, socialna kohezija, razvojni napor in sposobnost upravljanja države (slika 17b). Iz tabele 8b je razvidno, da so pomanjkljivosti Slovenije v okviru tega področja na podpodročju sposobnost upravljanja države, kar je posledica podpovprečnih ocen pri argumentih tega izpeljanega kazalca, konsenz v vladi in preglednost dela in odločitev. Prednosti držav konsenza so v njihovem ugodnem poslovnem okolju in, skladno z njihovo glavno značilnostjo, zaradi katere se ločijo od drugih skupin razvitih držav, na podpodročju oblika in trdnost konsenza.

Slika 17b: Primerjava ocen za Slovenijo (SI, levo) in države konsenza (DKONS, desno) po podpodročjih drevesa kazalcev Konsenz



Legenda: 2.1. Razvojno okolje

2.2. Socialna kohezija

2.3. Razvojni napor

2.4. Sposobnost upravljanja države

2.5. Oblika in trdnost konsenza

SI Slovenija

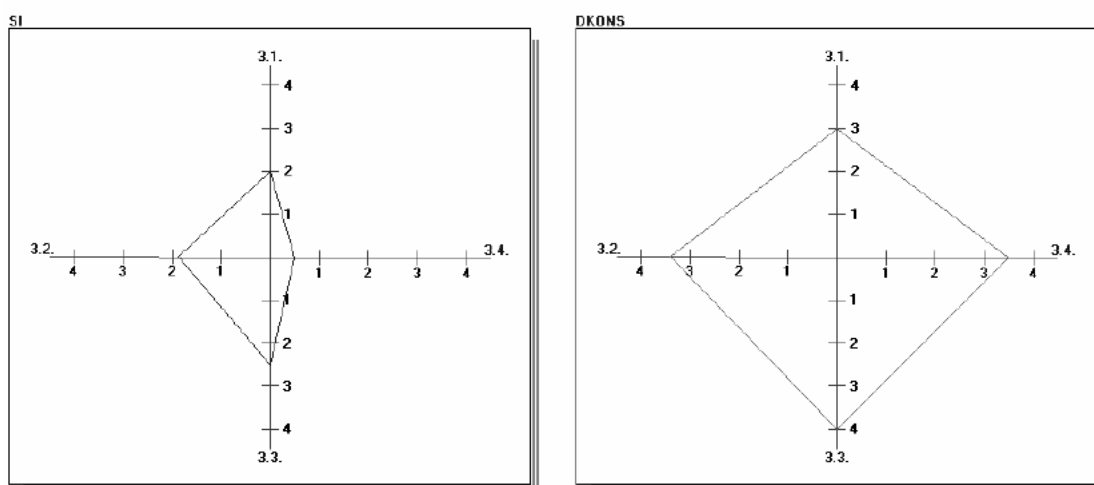
DKONS Države konsenza

Tabela 8b: Prednosti (Advantages) in pomanjkljivosti (Disadvantages) Slovenije, držav srednje in vzhodne Evrope ter držav konsenza za drevo kazalcev Konsenz

Slovenija	Države srednje in vzhodne Evrope	Države konsenza
ADVANTAGES: None DISADVANTAGES Attribute Value . 2.4. 1 . . 2.4.1. 1 . . 2.4.3. 1	ADVANTAGES: None DISADVANTAGES: None	ADVANTAGES Attribute Value . 2.1. 4 . . 2.1.1. 3 . . 2.1.2. 3 . . 2.1.3. 3 . 2.5. 4 . . 2.2.2. 3 . . 2.2.4. 3 . . 2.4.4. 3 DISADVANTAGES: None
Legenda: 2.1. Razvojno okolje 2.1.1. Multinacionalna organizacija podjetij 2.1.2. Inovativnost regij 2.1.3. Ustreznost bazičnih raziskav za razvoj 2.2.2. Ekonomska pismenost 2.2.4. Socialna kohezija 2.4.1. Konsenz v vladi 2.4.3. Preglednost dela in odločitev 2.4.4. Kvaliteta javne uprave 2.4. Sposobnost upravljanja države 2.5. Oblika in trdnost konsenza		

Na področju Razvojnih potencialov je opazen močan zaostanek Slovenije glede na države konsenza pri vseh podpodročjih: pri kazalcih formiranja kapitala, infrastrukture, tehnološkega razvoja in raziskav ter prestrukturiranja, kar nazorno prikazuje slika 17c.

Slika 17c: Primerjava ocen za Slovenijo (SI, levo) in države konsenza (DKONS, desno) po podpodročjih drevesa kazalcev Razvojni potenciali



Legenda: 3.1. Formiranje kapitala

3.2. Infrastruktura

3.3. Tehnološki razvoj in raziskave

3.4. Prestrukturiranje

SI Slovenija

DKONS Države konsenza

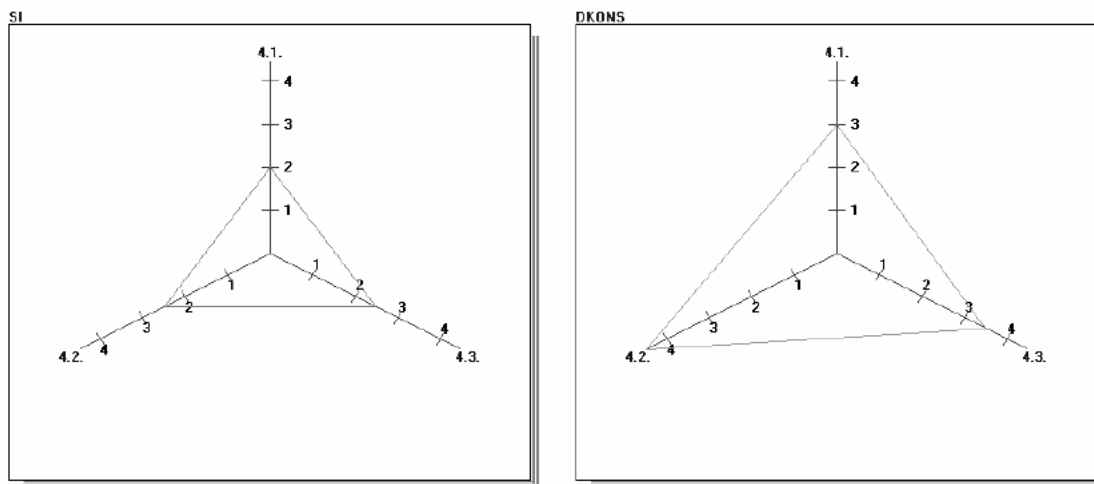
Pomanjkljivost Slovenije na področju razvojnih potencialov je podpodročje prestrukturiranje (zaradi podpovprečnih rezultatov pri obeh osnovnih kazalcih, spodbude naložbam in izvozni krediti in zavarovanje) ter podpodročje management (zaradi podpovprečnih ocen njegovih argumentov, kredibilnost in nadzorni sveti. Prednosti držav konsenza so predvsem na podpodročju tehnološki razvoj in raziskave ter celotno podpodročje znanje, kjer dosegajo nadpovprečne ocene pri vseh osnovnih (in posledično tudi izpeljanih) kazalcih tega podpodročja, razen pri enem.

Tabela 8c: Prednosti (Advantages) in pomanjkljivosti (Disadvantages) Slovenije, držav srednje in vzhodne Evrope ter držav konsenza za drevo kazalcev Razvojni potenciali

Slovenija	Države srednje in vzhodne Evrope	Države konsenza
ADVANTAGES: None	ADVANTAGES: None	ADVANTAGES
DISADVANTAGES	DISADVANTAGES	Attribute Value
Attribute Value	Attribute Value	. 3.3. 4
. 3.4. 1	. . . 3.2.2.3. 1	. . 3.3.1. 3
. . 3.4.1. 1	 3.2.2.3.1. 1	. . 3.3.2. 3
. . 3.4.2. 1	 3.2.2.3.2. 1	. . 3.2.2. 4
. . . 3.2.2.3. 1		. . . 3.2.2.1. 4
. . . . 3.2.2.3.1. 1		 3.2.2.1.1. 3
. . . . 3.2.2.3.2. 1		 3.2.2.1.2. 3
. . . . 3.2.2.2.2. 1		. . . 3.2.2.2. 4
		 3.2.2.2.1. 3
		 3.2.2.2.2. 3
		 3.2.2.2.3. 3
		. . . 3.2.2.3. 4
		 3.2.2.3.2. 3
		 3.2.2.3.3. 3
		. . 3.4.2. 3
		. . . 3.2.1.2. 3
		DISADVANTAGES: None
Legenda:	3.2.2.3. Management 3.2.2.3.1. Kredibilnost 3.2.2.3.2. Nadzorni sveti 3.2.2.3.3. Družbena odgovornost 3.3. Tehnološki razvoj in raziskave 3.3.1. Celotna vlaganja v raziskave in razvoj 3.3.2. Tehnološko sodelovanje 3.4. Prestrukturiranje 3.4.1. Spodbude naložbam 3.4.2. Izvozni krediti in zavarovanje	
3.2.1.2. Nova informacijska infrastruktura		
3.2.2. Znanje		
3.2.2.1. Izobraževanje		
3.2.2.1.1. Izobraževalni sistem		
3.2.2.1.2. Izdatki za izobraževanje		
3.2.2.2. Usposobljenost		
3.2.2.2.1. Intangibles		
3.2.2.2.2. Sodelovanje med univerzami in podjetji		
3.2.2.2.3. Usposabljanje zaposlenih		

Tudi pri razvojnih dosežkih in razvojnih potencialih Slovenija močno zaostaja za državami konsenza, najbolj izrazito na podpodročju razvitost ter kvaliteta življenja in okolja, močno pa tudi na podpodročjih relativna gospodarska rast in identiteta-integriteta. Slovenija tu nima posebnih pomanjkljivosti, države konsenza pa na tem področju tako dosegajo najboljše možne ocene (tabela 8č).

Slika 17č: Primerjava ocen za Slovenijo (SI, levo) in države konsenza (DKONS, desno) po podpodročjih drevesa kazalcev Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost



Legenda: 4.1. Relativna gospodarska rast
4.2. Razvitost ter kvaliteta življenja in okolja
4.3. Identiteta-integriteta

SI Slovenija
DKONS Države konsenza

Tabela 8č: Prednosti (Advantages) in pomanjkljivosti (Disadvantages) Slovenije, držav srednje in vzhodne Evrope ter držav konsenza za drevo kazalcev Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost

Slovenija	Države srednje in vzhodne Evrope	Države konsenza
ADVANTAGES: None	ADVANTAGES: None	4. 5
DISADVANTAGES: None	DISADVANTAGES: None	. 4.2. 4
		. . 4.2.1. 3
		. . 4.2.2. 3
		. . 4.2.3. 3
		. 4.3. 4
		. . 4.3.1. 3
		. . 4.3.3. 3
Legenda:		
4. Razvojna konkurenčnost in razvojni dosežki	4.2.3. Stanje okolja	
4.2. Razvitost ter kvaliteta življenja in okolja	4.3. Identiteta-integriteta	
4.2.1. Gospodarska razvitost	4.3.1. Identiteta države	
4.2.2. Kvaliteta življenja	4.3.3. Identiteta okolja	

Največje razvojno zaostajanje Slovenije glede na skupino držav konsenza, kot ga kaže analiza, je premajhna odprtost gospodarstva k globalnim ekonomskim tokovom zaradi previsoke stopnje kontrole cen in prednosti domačih ponudnikov v postopkih javnih naročil, neustrezne naložbene spodbude, izvozni krediti in zavarovanja, ki ne prispevajo k

razvojnem prestrukturiranju domačega gospodarstva, slabosti v upravljanju podjetij zaradi nizke kredibilnosti managementa in slabi usposobljenosti članov nadzornih svetov, neizkoriščene možnosti prenosa znanja in tehnologij zaradi premajhnega sodelovanja med raziskovalno dejavnostjo in gospodarstvom. Nizka raven dialoga znotraj vlade zmanjšuje možnost hitrega razreševanja temeljnih političnih in ekonomskih problemov, kar hkrati s slabo preglednostjo dela in odločitve v državni upravi vzrok nizke sposobnosti upravljanja države. Okoljski razvoj ovira nizka uvrstitev čistega okolja na lestvici vrednot in neusklajena okoljevarstvena zakonodaja.

Pri vrednotenju variant moramo upoštevati, da je od skupno 56 osnovnih kazalcev kar 41 mehkih, ki jih v prvi fazi projekta zajemamo iz poročila IMD. Nekatere študije ugotavljajo, da je pri študiji IMD vprašljiva reprezentativnost odgovorov, prejetih na anketo, ki naj bi ustrezala stanju proizvodnje, storitev in upravljanja in razvoja institucij in vrednot v posamezni državi, ter objektivnost odgovorov in enak odnos različnih managerjev v različnih državah, da z isto mero kritičnosti ocenijo stanje (Gmeiner et al., 2001, str. 40).

4.2.5. Kvantitativni model in vrednotenje

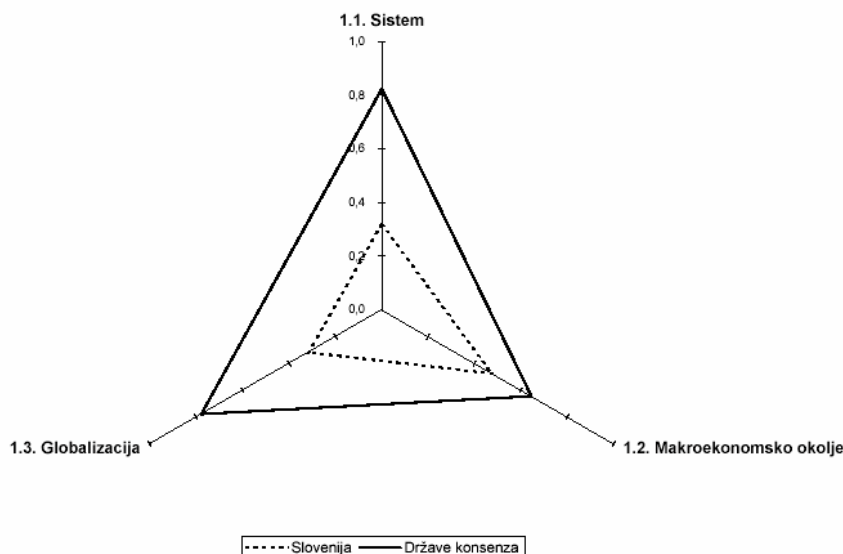
Za primerjavo rezultatov kvalitativnega modela smo zgradili tudi kvantitativni model trajnostnega razvoja. Izbor kazalcev in njihova struktura je enaka kot pri kvalitativnem modelu. Vrednosti spremenljivk posameznih držav standardiziramo po lestvici vrednosti posameznih kazalcev, pri čemer dobi država, ki ima za določen kazalec najslabšo vrednost, standardizirano vrednost 0, država, ki ima najboljšo vrednost pa 1, preostale vrednosti pa so linearno preslikane na intervalu $[0,1]$, pri čemer upoštevamo način vpliva (pozitivni oz. negativni) posameznega kazalca na trajnostni razvoj. Vrednost določene spremenljivke za skupino držav je aritmetična sredina vrednosti spremenljivke za države, ki to skupino sestavljajo. Izpeljani kazalci so izračunani kot aritmetične sredine vrednosti njihovih argumentov, vsem argumentom funkcije pa pripišemo enako utež. Agregacijo lestvice opravimo na vseh nivojih agregacije, vključno z vsakim od štirih korenov drevesa, na ravni držav in skupin držav. Tabela 9 prikazuje rezultate vrednotenja s kvantitativnim modelom za skupine držav in Slovenijo.

Tabela 9: Rezultati vrednotenja s kvantitativnim modelom

	Države konsen- za	Države blaginje	Južno- evro- pske države	Države srednje in vzhod- ne Evrope	Azijski tigri	Manj razvite države plus	Manj razvite države minus	Slove- nija
Sistem, makro- ekonomsko okolje in trg	0,74	0,52	0,39	0,34	0,50	0,25	0,13	0,34
Konsenz	0,81	0,57	0,40	0,31	0,57	0,37	0,13	0,26
Razvojni potenciali	0,78	0,66	0,30	0,32	0,52	0,22	0,14	0,25
Razvojni dosežki in razvojna konkurenčnost	0,79	0,60	0,41	0,27	0,45	0,19	0,08	0,34

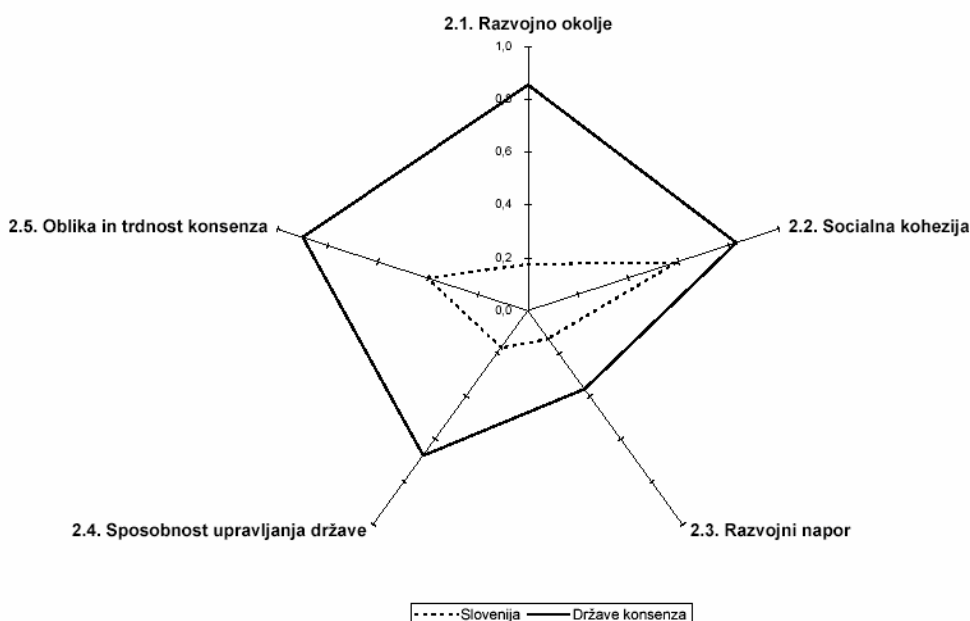
Pri kazalcih sistema, makroekonomskega okolja in trga dosegajo najboljše rezultate države konsenza, predvsem zaradi kazalcev, ki predstavljajo politični, pravni in ekonomski sistem (pri pravnem sistemu dosegajo celo oceno 0,95). Njihova razvojna prednost je še integriranost v globalne ekonomske tokove, slabše rezultate pa dosegajo pri kazalcih makroekonomskega okolja (predvsem zaradi kazalcev zadolženosti). Rezultati Slovenije, ki med 30 obravnavanimi državami na tem področju zaseda 22. mesto, so primerljivi s povprečjem držav srednje in vzhodne Evrope, le malo tudi zaostajamo za južnoevropskimi državami. Za državami konsenza najmanj zaostaja pri kazalcih makroekonomskega okolja, pri kazalcih sistema in globalizacije pa je njihov zaostanek že zelo velik (slika 18a).

Slika 18a: Primerjava ocen za Slovenijo in države konsenza po podpodročjih drevesa kazalcev Sistem, makroekonomsko okolje in trg



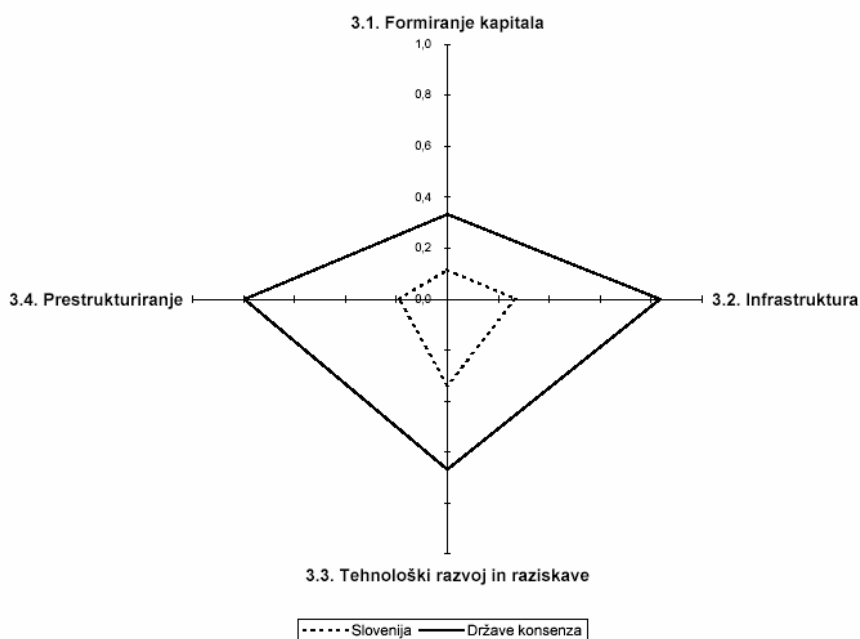
Tudi pri kazalcih konsenza dosegajo daleč najboljše rezultate države konsenza, za katere je značilno spodbudno poslovno okolje, visoka stopnja socialne kohezije, krepitev razvojnega napora za doseganje nadpovprečne rasti, ustrezna usposobljenost za vodenje države in močan razvojni konsenz ekonomsko-socialnih partnerjev. Slovenija je po rezultatih za to skupino kazalcev slabša celo od skupine Manj razvite države plus in zaseda le 33. mesto. Glede na države konsenza so glavne razvojne pomanjkljivosti Slovenije razvojno okolje, sposobnost upravljanja države in oblika in trdnost konsenza (slika 18b).

Slika 18b: Primerjava ocen za Slovenijo in države konsenza po podpodročjih drevesa kazalcev Konsenz



Na področju razvojnih potencialov Slovenija (28. mesto med 39 državami) zaostaja za državami konsenza na vseh področjih, ki določajo oceno za to drevo: pri formiranju kapitala (pri tem kazalcu dosegajo azijski tigri in države blaginje sicer boljše rezultate od držav konsenza), infrastrukturi (največji razvojni zaostanek se kaže pri kazalcih znanja, velika razlika se kaže tudi pri kazalcih materialne infrastrukture, manjša pa pri vlaganjih v sodobne informacijsko-komunikacijske tehnologije), tehnološkem razvoju in raziskavah ter pri kazalcih prestrukturiranja gospodarstva (slika 18c).

Slika 18c: Primerjava ocen za Slovenijo in države konsenza po podpodročjih drevesa kazalcev Razvojni potenciali

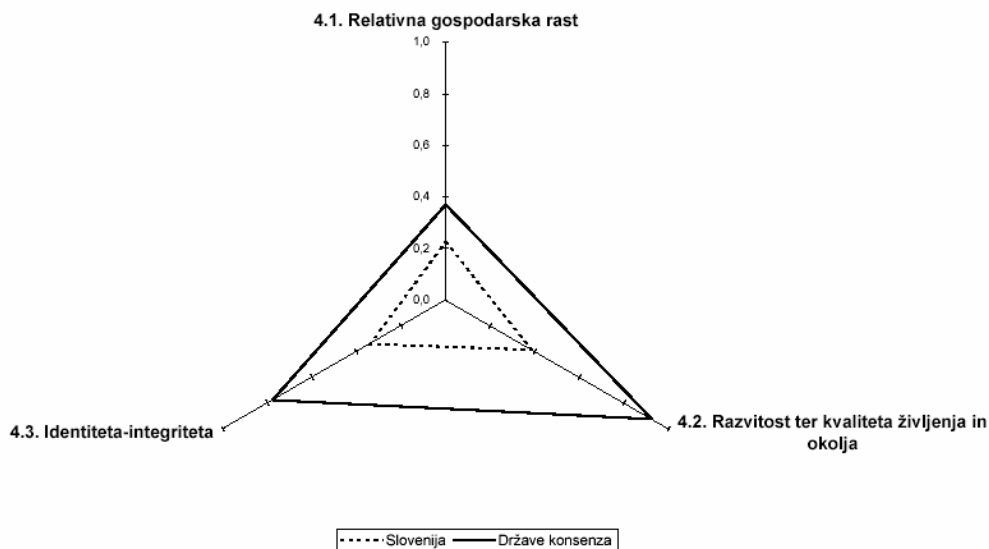


Pri kazalcih razvojne konkurenčnosti in razvojnih dosežkov Slovenija zaseda 23. mesto. Glede na države konsenza najbolj zaostajamo pri kazalcih razvitosti ter kvalitete življenja in okolja ter pri kazalcih identitete-integritete, najbolj pa se jim pridružimo pri kazalcu relativna gospodarska rast (slika 18č na naslednji strani).

Rezultati kvantitativne analize potrjujejo rezultate kvalitativne analize, da so na področju sistema, makroekonomskega okolja in tržnih norm najbolj urejene države konsenza, po kvaliteti so jim blizu tudi države blaginje, ostale skupine držav pa jim sledijo v različnih razmikih. Države konsenza od ostalih skupin držav najbolj odstopajo tudi na področju visoke ravni in kvalitete konsenza socialnih partnerjev, tako glede oblikovanja strategije, kot tudi različnih proaktivnih politik razvoja. Na področju razvojnih potencialov imajo vodilno vlogo države konsenza, tem sledijo države blaginje in azijski tigri. Zaradi tega so realni tudi kazalci na področju razvojnih dosežkov skupin držav, kjer dosegajo države konsenza najbolj kvalitetne razvojne rezultate, sledijo jim države blaginje in azijski tigri.

Slovenija, kot tudi druge države srednje in vzhodne Evrope, bo morala za kvalitetnejši in trajnejši razvoj še posebno izboljšati vrednosti kazalcev na področjih konsenza in učinkovitosti razvojnih potencialov, predvsem glede upravljanja družbe in vodenja gospodarstva, da bi lahko vstopila v proces razvojnega dohitevanja razvitejšega sveta.

Slika 18č: Primerjava ocen za Slovenijo in države konsenza po podpodročjih drevesa kazalcev Razvojna konkurenčnost in razvojni dosežki



Kvantitativne metodologije so lahko komplementarne kvalitativnim, saj nudijo vrsto statističnih in ekonometričnih analiz, ki načrtovalcem pomagajo pri gradnji in kasnejših spremembah modela ekspertnega sistema. Poseben problem pri uporabi kvantitativnih metod je zbiranje podatkov, tako metodološka opredelitev oz. priprava, kot tudi zagotavljanje zanesljivih virov. Zato so pogosto zanesljivejše kvalitativne ocene izvedencev, ki dobro poznajo svoje raziskovalno področje in okolje, ki ga raziskujejo. Te ocene lahko o nekem pojavu povedo neprimerno več in z večjo zanesljivostjo.

4.2.6. Primerjava rezultatov z izbranimi raziskavami

Za primerjavo ustreznosti modela in uporabljenih kazalcev smo izračunali korelacijske koeficiente med kazalcem trajnostnega razvoja, ki smo ga izračunali kot vsoto rezultatov vseh štirih dreves trajnostnega razvoja, in izbranimi kazalci razvoja, ki jih opisujem na začetku tega poglavja. Primerjava kvantitativnega indeksa trajnostnega razvoja s kazalci, ki so se do sedaj najpogosteje uporabljali za merjenje rasti in razvoja (BDP na prebivalca (ppp)), kaže relativno visoke povezanosti. Nekoliko šibkejša, a še vedno močna in pozitivna, je povezanost z indeksom človekovega razvoja (HDI) in Seljakovim kazalcem uravnoteženega razvoja (Kura). Pričakovano je zelo močna povezanost z indeksom konkurenčnosti držav po izračunu IMD, zelo visok pa je tudi korelacijski koeficient rangov

držav med kvantitativnim indeksom trajnostnega razvoja in obema indeksoma konkurenčnosti WEF.

Tabela 10: Korelacijski koeficienti za kvantitativni indeks trajnostnega razvoja z izbranimi kazalci

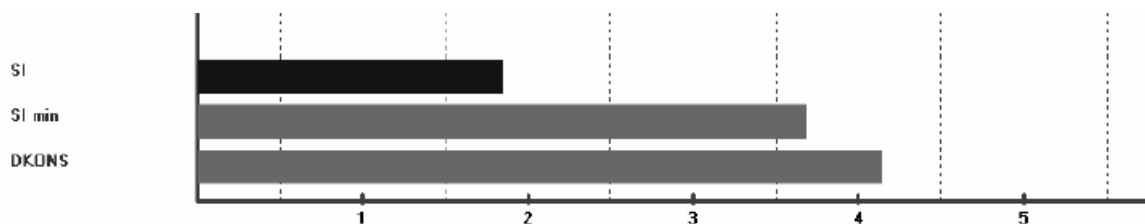
	BDP/p.c. (ppp)	HDI	Kura	IMD	WEF GCI	WEF CCI
kvantitativni indeks trajnostnega razvoja	0,82	0,69	0,64	0,97	0,91	0,89

4.3. SIMULACIJE TRAJNOSTNEGA RAZVOJA

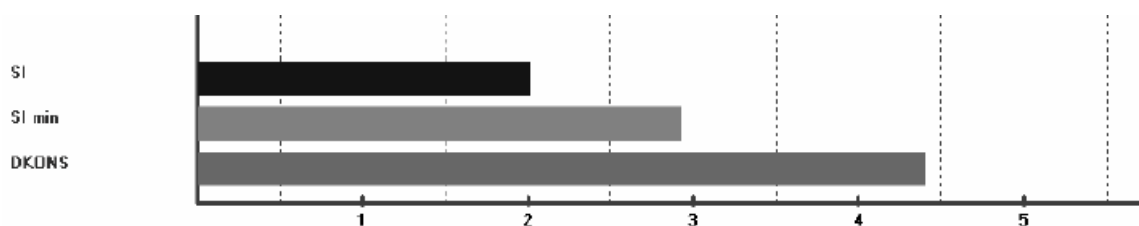
Rezultate selektivne analize lahko uporabimo, da bi ugotovili, kako bi dodatni napori na področjih, ki predstavljajo pomanjkljivosti, vplivali na trajnost razvoja. Zamislimo si razvojni scenarij, katerega primarni cilj je odpraviti pomanjkljivosti, ki jih je dala analiza kazalcev, ki najbolj vplivajo na končno oceno, in ga poimenujmo minimalni. Recimo, da želimo, da bi bile vrednosti kazalcev, ki po selektivni analizi pomenijo pomanjkljivosti, bližje povprečju obravnavanih držav (da bi osnovni kazalci zavzeli vrednost 2). Slika 19 predstavlja rezultate vrednotenja v primeru uresničitve minimalnega razvojnega scenarija.

Slika 19: Primerjava vrednotenja Slovenije z izvornimi vrednostmi (SI) in vrednostmi v primeru uresničitve minimalnega razvojnega scenarija (SI min) z vrednotenjem držav konsenza (DKONS)

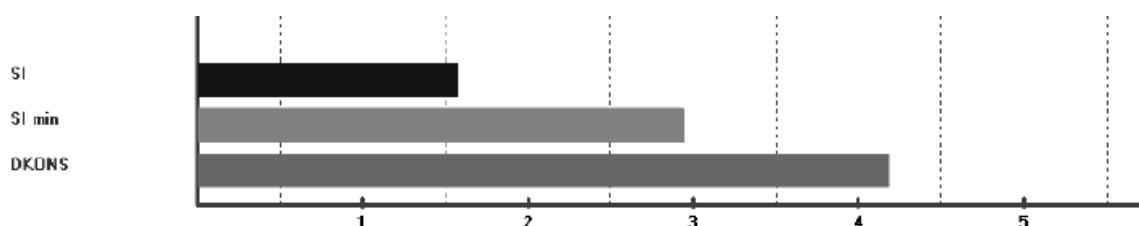
a. Sistem, makroekonomsko okolje in trg



b. Konsenz



c. Razvojni potenciali



Legenda k slikam 19 a-c: SI Slovenija, izvirne vrednosti
SI min Slovenija, vrednosti v primeru uresničitve minimalnega razvojnega scenarija
DKONS Države konsenza

Preprosta simulacija pokaže korenito izboljšanje rezultata Slovenije že pri popravku rezultatov tistih kazalcev, pri katerih dosegamo podpovprečne rezultate glede na vse obravnavane države. Pri tem nismo upoštevali povezanost med posameznimi kazalci in njihovo elastičnost na spremembe drugih kazalcev.

Na podoben način lahko oblikujemo različne razvojne scenarije. Kot želene vrednosti lahko uporabimo ciljne vrednosti indikatorjev iz različnih strategij, kot npr. Strategije gospodarskega razvoja Slovenije, napovedi domačih in mednarodnih inštitutov ali pričakovane vrednosti posameznih kazalcev v ekstremnih točkah ekonomskih gibanj.

Kot primer simulacije trajnostnega razvoja vzemimo primer razvojnega scenarija za Slovenijo, katerega cilj je, da v obdobju ene generacije doseže povprečno razvitost držav Evropske unije. Scenarij predvideva izoblikovanje vizije preobrazbe Slovenije v razvito družbo z ustreznimi strateškimi razvojnimi cilji in vzvodi za njihovo uresničenje, kar podpirajo vsi socialni partnerji. Ključni strateški cilji so (povzeto po Sočan, 2001, str. 20-45):

- posodobitev in izgradnja celovite infrastrukture, kar vključuje šolanje in usposabljanje večine prebivalstva, uspešen prenos znanja in tehnologije, socialno kohezijo, pretok in razpoložljivost kapitala, materialno, institucionalno in informacijsko infrastrukturo ter varovanje okolja,

- tehnološko-inovacijsko prenovu podjetij in dvig povprečne ravni tehnološke zahtevnosti s sedanje ravni okoli 6 na raven med 7 in 8, s čimer bi se Slovenija znatno približala gospodarski strukturi EU in podvojila višino dodane vrednosti na zaposlenega,
- pospešeno usposabljanje aktivnega prebivalstva in zagotavljanje socialne kohezije ter
- podvojitev vrednosti izvoza v obdobju sedmih do desetih let kot rezultat načrtne in trajne krepitve razvojnih potencialov in povečevanja konkurenčnosti v globalnem gospodarstvu.

Za doseganje ključnih strateških razvojnih ciljev bo politični, ekonomski in pravni sistem potrebno prilagoditi globalnemu razvojnemu okolju, izpolnjevati konvergenčne kriterije Evropske monetarne unije glede cenovne stabilnosti gospodarstva in proračunskega primanjkljaja, javnega dolga in obresti ter izkoristiti ugodno lego v sosodstvu visoko razvitih evropskih regij z vključevanjem v sodobne globalne vzvode razvoja (OECD npr. vidi vzvode nadpovprečne razvojne uspešnosti v globalnem gospodarstvu v razvojni vlogi multinacionalk, v oblikovanju regionalnih razvojnih žarišč (*hot spots*) ter v sinhroniziranem in s tem nadpovprečno uspešnem razvoju posameznih držav (*growth shift*), OECD, 1999). Razmeroma intenziven prehod slovenskega gospodarstva od konkuriranja s fizičnim delom in nizkimi plačami na konkuriranje z znanjem, razvito infrastrukturo ter tehnološko bistveno zahtevnejšimi programi proizvodov in storitev bo zahtevala tako uresničevanje zastavljenih strateških ciljev (delati prave stvari) kot tudi visoko stopnjo razvojnega soglasja vseh socialnih partnerjev o večjem razvojnem naporu, s katerim bo mogoče take cilje v korist vseh tudi doseči (delati prave stvari pravilno). Za uspešen prehod Slovenije v gospodarsko in družbeno razvitost pa bo odločilen dejavnik razvojna sposobnost vlade in parlamenta, kar vključuje visoko stopnjo skladnosti, preglednosti in javnosti njenega dela, prizadevanja za učinkovitost dela in uspešno vodenje javnih financ, s čimer bosta prispevala k razvoju celovite infrastrukture in krepitvi razvojnih potencialov. Osrednjo vlogo v procesu uspešnega razvoja pripisuje upravljanju (*governance*) tudi OECD (glej OECD, 2001). Za izenačitev z razvitimi državami, ki vlagajo več kot 10 % BDP v povečevanje znanja, bo potrebno bistveno povečanje vlaganj v izobraževanje, raziskave in razvoj in v usposabljanje prebivalstva s sedanjih 8,5 %.

Za potrebe simulacije določimo nekaj operativnih ukrepov podpore strateškim ciljem razvojnega scenarija:

- zagotovitev gospodarske stabilnosti in približanje inflacijske stopnje tisti v EU z znižanjem rasti proračuna in javne porabe pod stopnjo gospodarske rasti, sanacija večine podjetij, ki ustvarjajo izgube, odprava davka na plače, prilagoditev cen in dostop do kapitala pod evropskimi pogoji, prepolovitev obsega sive ekonomije in uvedba trajnih programov usposabljanja zaposlenih in brezposelnih s ciljem povečevanja zaposljivosti aktivnega prebivalstva,
- razvijanje okolja za prehod v ekonomijo in družbo znanja s povečanjem in koordinacijo vlaganj države, gospodarstva in prebivalstva v znanje in komunikacije, povezavo

dobrega znanstvenega potenciala na univerzah in inštitutih z gospodarstvom za skupno razvojno delo in pospešeno tehnološko-inovacijsko prenovo, rastjo vlaganj v raziskave in razvoj za prenovo gospodarstva in posodobitvijo infrastrukture,

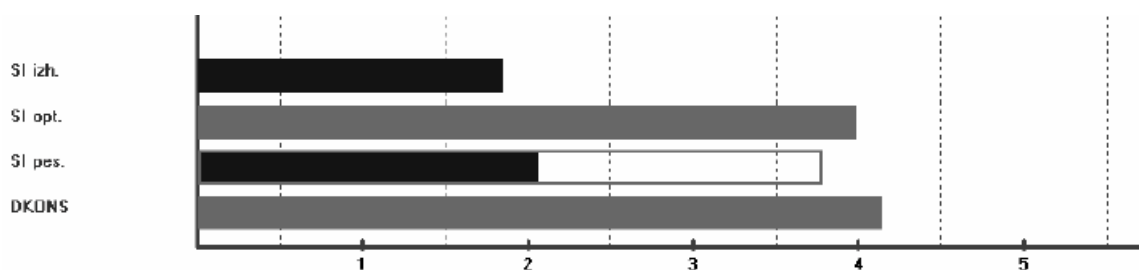
- povečevanje varčevanja, naložb, vhodnih in izhodnih investicij,
- izboljšanje političnega in upravnega okolja z izboljšanjem konsenza znotraj vlade in med socialnimi partnerji pri sprejemanju ključnih razvojnih odločitev, z izboljšanjem kvalitete javne uprave ter zmanjšanjem vpliva birokracije in korupcije in z izboljšanjem socialne kohezije za krepitev sposobnosti prebivalstva za delo in komuniciranje v globalni družbi in sposobnosti družbe za sprejemanje pomembnih razvojnih odločitev.

Namen magistrskega dela ni detajlno določiti vse operativne ukrepe, ki bi jih morala sprejeti Slovenija, da bi uresničila cilje iz scenarija.

Zamislimo si dva scenarija izvajanja potrebnih operativnih ukrepov in izpolnjevanja strateških razvojnih ciljev. V prvem primeru, imenujmo ga optimistični, Slovenija izvede vse ukrepe in v celoti izpolni zastavljene cilje. V drugem primeru, recimo mu pesimistični, je verjetnost uresničevanja razvojnih ciljev enakomerno razporejena med 0 in 1⁶. Zanima nas primerjava ocene vrednosti za Slovenijo ob uresnitvi obeh scenarijev glede na izhodiščno (sedanje) stanje Slovenije in skupine držav konsenza. Rezultate vrednotenja prikazuje slika 20.

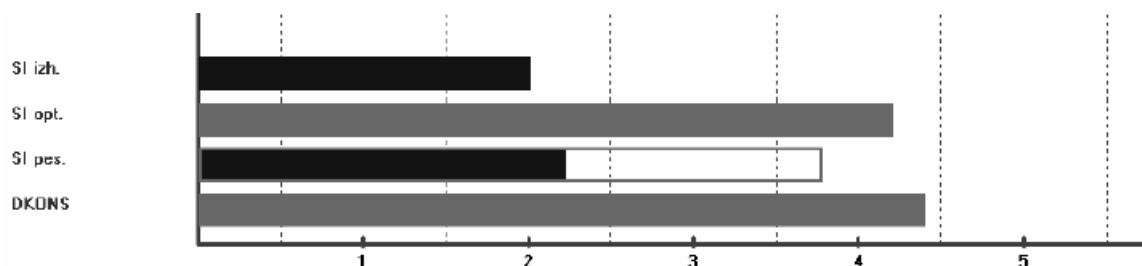
Slika 20: Primerjava vrednotenja scenarija razvoja Slovenije z izhodiščnimi vrednostmi (SI izh.) in vrednostmi v primeru uresnitve optimističnega (SI opt.) in pesimističnega razvojnega scenarija (SI pes.) z vrednotenjem držav konsenza (DKONS)

a. Sistem, makroekonomsko okolje in trg

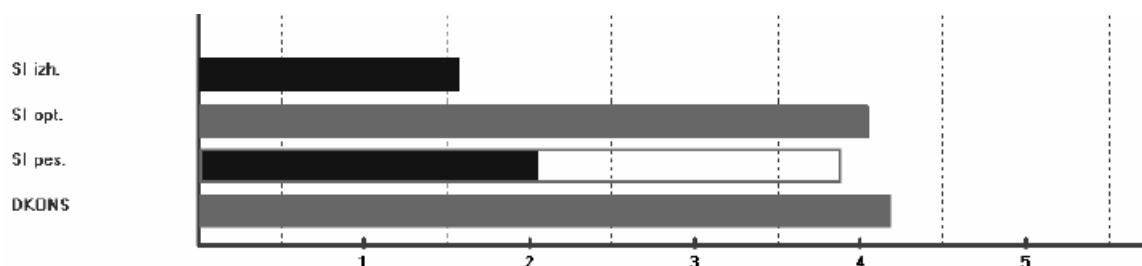


⁶ K temu nas sili omejitev programa Vredana, ki sicer omogoča določanje verjetnosti za posamezno vrednost parametra spremenljivke, vendar pa verjetnosti na same rezultate vrednotenja ne vplivajo.

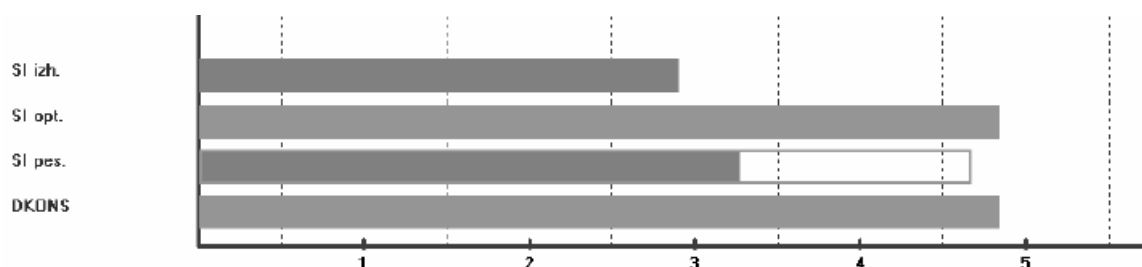
b. Konsenz



c. Razvojni potenciali



č. Razvojna konkurenčnost in razvojni dosežki



Legenda k slikam 20 a-č:

- SI izh. Slovenija, izhodiščne vrednosti
- SI opt. Slovenija, vrednosti v primeru uresničitve optimističnega razvojnega scenarija
- SI pes. Slovenija, vrednosti v primeru uresničitve pesimističnega razvojnega scenarija
- DKONS Države konsenza

Grafični prikaz rezultatov vrednotenja pokaže, da bi ob popolni uresnitvi svojega razvojnega scenarija Slovenija dosegla raven rezultatov, ki jih sedaj dosegajo države konsenza, ne bi pa teh rezultatov presešla. Slovenija bi tako lahko v obdobju ene generacije dosegla povprečje EU, za doseganje povprečja držav konsenza pa bi morala še dodatno aktivirati in motivirati krepitev vseh razvojnih potencialov, ki jih ima na voljo.

5. SKLEP

Države in specializirane institucije spremljajo in ocenjujejo razvoj na vseh ravneh – od globalnega do lokalnega. Pri tem navadno uporabljajo klasične sisteme, ki temeljijo na matematičnih izračunih, navadno kar na eni od statističnih sredin.

V magistrskem delu sem predstavil alternativen pristop. Razvoj umetne inteligence in informacijskih tehnologij je povečal uporabnost metodologije ekspertnih sistemov na vseh področjih uporabe, tudi za vrednotenje družbenega, ekonomskega in okoljskega razvoja. Pri tem pristopu izvedenci za določeno, navadno zelo ozko področje človekovega delovanja, v lupino ekspertnega sistema vnesejo svoje, s preprostimi pravili predstavljeno znanje o problemskem področju. Značilnost družbenih procesov in večine socialnih, pa tudi ekonomskih in okoljskih indikatorjev razvoja je, da jih je lažje opisati s kvalitativnimi kot s številčnimi vrednostmi, prav tak pristop pa podpirajo ekspertni sistemi. Ta pristop je intuitiven, prijazen do uporabnika, uporabnost pa povečuje programsko sprotno preverjanje pravilnosti zapisa in konsistentnosti vnesenega znanja. Lupina ekspertnega sistema Dex ponuja dobro osnovo za razvoj modela ekspertnega sistema za spremljanje in ocenjevanje razvoja. Dex in njegov programska sestra Vredana vsebujeta veliko analitičnih orodij za vrednotenje in analizo variant, kot npr. analizo občutljivosti oz. primerjalno analizo prednosti in pomanjkljivosti obravnavane variante ali analizo »kaj-če«.

Model ekspertnega sistema za simulacije trajnostnega razvoja je bil narejen ob upoštevanju teze, da so strateški razvojni cilji posameznih družb odvisni od stopnje razvitosti družbe. Na eni strani imamo države, za katere lahko rečemo, da so v razvojni letargiji (te družbe niso sposobne razrešiti svojih temeljnih notranjih demografskih, zdravstvenih, izobraževalnih, energetskih in drugih problemov) ali celo v kriznem stanju, ko jim vojne, avtoritarni režimi, zdravstvene, socialne in druge katastrofe ne omogočajo ustvarjanja normalnih osnov za sodoben razvoj. Temeljna razvojna vprašanja, ki naj bi jih v teh družbah razreševali, morajo biti zato različna od razvojnih vprašanj, ki naj bi jih razreševali v razvitejših družbah sveta. Razvitejše družbe, med njimi tudi Slovenija, morajo poskrbeti predvsem za povečevanje varčevanja in krepitev naložbene sposobnosti, za tehnološko-inovacijsko prenovo gospodarstva, za razvijanje celovite sodobne infrastrukture in krepitev celovite strukture znanja, povečevanje dodane vrednosti na zaposlenega in vlaganje v okolje in njegovo zdravljenje (Sočan et al., 2002, str. 18). Glede na to je usmeritev mednarodnih institucij, ki v svojem raziskovanju in svetovanju izhajajo iz enotne globalne ureditve in uniformnega načina upravljanja družbe, enostranska in neustrezna za spremljanje in usmerjanje globalnega razvoja s ciljem zmanjševanja obstoječih prepadov med razvitimi in nerazvitimi družbami.. Stopnja razvitosti ter temeljni strateški cilji držav oziroma njihovih gospodarstev in družb za vzpostavitev procesa razvojnega dohitevanja narekujejo kvalitativno različne oblike upravljanja družbe in vodenja gospodarstva (oz. po OECD *governance*).

V magistrskem delu sem se usmeril v izgradnjo modela, ki temelji na ureditvi najbolj razvitega dela sveta, torej tistega dela, ki se mu želi Slovenija čim prej priključiti, zato model upošteva stopnjo razvitosti in strateške razvojne cilje Slovenije in njej podobnih držav, še posebej pridruženih članic EU. Model je zasnovan na osnovi tehnološko-okoljskih, ekonomskih, socialnih in družbenih kazalcev in doseženih rezultatih razvoja. Iz izvedenih vrednotenj in analiz izhaja, da bo morala Slovenija za kvalitetnejši in trajnejši razvoj še posebno izboljšati vrednosti kazalcev na področjih konsenza in učinkovitosti razvojnih potencialov.

Ker metodologije ekspertnih sistemov omogočajo relativno preproste popravke že zgrajenih in testiranih modelov, bi bilo smiselno, da bi pri načrtovanju in spremljanju strateških razvojnih ciljev in pri določanju razvojnih vzvodov in proaktivnih politik za njihovo uresničevanje na različnih ravneh razvitosti upoštevali posebnosti razvojnih vprašanj glede na različne izhodiščne razvojne stopnje. Tako zgrajeni modeli bi lahko predstavljali ustrezno in učinkovito orodje za proučevanje in usmerjanje prehoda posameznih družb na višje ravni razvitosti, kvalitete življenja in okolja.

6. SLOVARČEK SLOVENSКИH PREVODOV TUJIH IZRAZOV

backward chaining	sklepanje nazaj
cluster analysis	grozdenje
criteria tree	drevo kriterijev
data mining	vrtanje po podatkih
expert system	ekspertni sistem
expert system shell	lupina ekspertnega sistema
explanatory mechanism	pojasnjevalni mehanizem
forward chaining	sklepanje naprej
frame	okvir
function decomposition	funkcijska dekompozicija
human development index	indeks človekovega razvoja
human interface, input/output interface	uporabniški vmesnik
index od sustainable economic welfare	indeks uravnotežene ekonomske blaginje
inference mechanism	mehanizem sklepanja
input/output interface, human interface	uporabniški vmesnik
knowledge acquisition interface	vmesnik za zajemanje znanja
knowledge base	baza znanja
logical representation	logična predstavitev
multi-attribute decision making	večkriterijsko odločanje

partition matrix	particijska matrika
physical quality of life index	indeks fizične kvalitete življenja
production rule	produkcijsko pravila
semantic net	semantična mreža
sustainable development	trajnostni, uravnotežen razvoj
utility function	funkcija koristnosti
working memory	delovni pomnilnik

7. LITERATURA IN VIRI

1. Bajt Aleksander in Štiblar Franjo: Ekonomija. Ljubljana : GV Založba, 2002. 534 str.
2. Benfer Robert A., Brent Edward E. Jr. in Furbee Louanna: Expert Systems. Newbury Park : Sage Publications, 1991. 92 str.
3. Bezjak Mateja: Baza znanja za podporo uporabnikom. Magistrsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 2002. 84 str.
4. Bohanec Marko in Rajkovič Vladislav: Večparametrski odločitveni modeli. Kranj : Organizacija, 28(7), 1995, str. 427-438.
5. Bohanec Marko, Zupan Blaž in Rajkovič Vladislav: Hierarhični odločitveni modeli in njihova uporaba v zdravstvu. Igor Kononenko in Tanja Urbančič (ed.): Računalniška analiza medicinskih podatkov. Zbornik CADAM-97. Bled, 1997, str. 1-17.
6. Bohanec Marko in Rajkovič Vladislav: Multi-Attribute Decision Modeling: Industrial Applications of DEX. Informatica, 23(1999), str. 487-491.
7. Bohanec Marko in Zupan Blaž: Integrating Decision Support and Data Mining by Hierarchical Multi-Attribute Decision Models. Giraud-Carrier, C. et al. (ed.): IDDM-2001: ECML/PKDD-2001 Workshop Integrating Aspects of Data Mining, Decision Support and Meta-Learning, Freiburg, 2001. str. 25-36
8. Forsyth Richard, ed.: Expert Systems. London : Chapman and Hall Computing, 1989, 248 str.
9. Global Competitiveness Report 2001. Ženeva : World Economic Forum, 2002. cd-rom.
10. Gmeiner Pavle et al.: Razvoj analize in diagnoze nacionalne konkurenčne sposobnosti Slovenije. Delovni zvezek UMAR št. 10/letnik X/2001. Ljubljana : Urad za makroekonomske analize in razvoj, 2001. 142 str.
11. Governance in the 21st Century. Pariz : OECD, 2001. 217 str.
12. Hart Anna: Expert Systems. London : Kogan Page, 1988. 208 str.
13. Jaklič Marko: Strateško usmerjanje gospodarstva. Ljubljana : Znanstveno in publicistično središče, 1994. 181 str.
14. Krisper Marjan: Ekspertni sistem za merenje, pračenje i prognoziranje društvenog razvoja. Doktorska dizertacija. Beograd : Univerzitet v Beogradu, 1989. 190 str.

15. Krisper Marjan: Modeliranje strateške pozicije držav srednje in vzhodne Evrope – Spremljanje in modeliranje družbenih procesov. Ljubljana : Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo, 1994. 65 str. in 2 pril.
16. Krisper Marjan in Zupan Blaž: Synthesis of Hierarchical Decision Support Models from Socioeconomic Data. Bavec Cene in Gams Matjaž (ed.): Informacijska družba. Zbornik konference. Ljubljana : Institut Jožef Stefan, 1998, str. 60-63.
17. Krisper Marjan in Zupan Blaž: A Data Mining Approach to Synthesis of Socioeconomic Decision Support Models. The Role of Information Society in Transition Processes. Annual Report. Ljubljana, 1998a, str. 1-15.
18. Krisper Marjan in Zupan Blaž: Construction and Application of Hierarchical Socioeconomic Decision Models. Informatica, 26(2002), str. 47-56.
19. Kukovica Peter: Možnost uporabe ekspertnih sistemov pri tržnih informacijskih sistemih. Magistrsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 1993. 174 str.
20. Murn Ana in Kmet Rotija (ed.): Poročilo o razvoju. Ljubljana : Urad za makroekonomske analize in razvoj, 2002. 189 str.
21. Pau L. F. et al. (ed.): Expert Systems in Economics, Banking and Management. Amsterdam : North Holland, 1989. 475 str.
22. Radej Bojan: Uvod v ekonomiko trajnostnega razvoja. IB revija, številka 4, letnik XXXV, 2001, str. 13-26.
23. Rajkovič Vladislav: Večkriterijsko modeliranje in kakovost kompleksnih sistemov zdravstva in šolstva. Bohinc Rado in Černetič Metod (ed.): Civilna družba v Sloveniji in Evropi. Ljubljana : Društvo občanski forum, 1999, str. 300-307.
24. Sauter Vicki: Decision Support Systems. New York : John Wiley & Sons, 1997. 408 str.
25. Schmoldt Daniel L. in Rauscher Michael H.: Building Knowledge-Based Systems for Natural Resource Management. New York : Chapman & Hall, 1996. 386 str.
26. Seljak Janko: Kazalec uravnoteženega razvoja. Ljubljana : Urad za makroekonomske analize in razvoj, 2001. 195 str.
27. Siegl Matjaž: Upravljanje znanja pri izvajanju podpore uporabnikom. Magistrsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 2002. 88 str.
28. Sočan Lojze in Krisper Marjan: Razvoj ekspertnega sistema za podporo strateškemu vodenju na podjetniški ravni. Ljubljana : Inštitut za ekonomska raziskovanja, 1989. 64 str.
29. Sočan Lojze in Krisper Marjan: Očakovani makroekonomski rezultati i simulacije razvoja. Ljubljana: Inštitut za ekonomska raziskovanja, 1990. 127 str.
30. Sočan Lojze: Okolje za razvojno prenovo Slovenije ob vstopanju v Evropsko unijo. Skripta. Ljubljana : FDV, 2001. 48 str. in 14 pril.
31. Sočan Lojze et al.: Simulacije trajnostnega razvoja. Zasnova razvoja, položaj Slovenije in pridruženih članic. Ljubljana : Fakulteta za družbene vede, 2002. 65 str.
32. The Future of the Global Economy. Pariz : OECD, 1999. 197 str.
33. Tričkovič-Rifelj Igor: Model upravljanja z znanjem v procesu za izdajanje dokazila o poreklu blaga. Magistrsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 2002. 96 str.

34. World Competitiveness Yearbook 2001. Lausanne : IMD, 2002. cd-rom.
35. Zimmermann H.-J.: Fuzzy Set Theory. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1991. 399 str.
36. Zornada Leo: Model lupine ekspertnega sistema za podporo večkriterijskemu odločanju. Magistrsko delo. Ljubljana : Ekonomska fakulteta, 1999. 112 str.
37. Zupan Blaž et al.: Feature Transformation by Function Decomposition. IEEE Intelligent Systems & Their Applications, 13(2), 1998. str. 38-43.

Viri:

1. Human Development Report 2002. New York : United Nations Development Programme, 2002. 277 str.
2. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. New York : OZN, 2001. [URL: <http://www.un.org/esa/sustdev/indisd/indisd-mg2001.pdf>], 14.03.2002.
3. Interna gradiva projekta Simulacije trajnostnega razvoja. Ljubljana : FDV, 2001-2002.
4. Strategija gospodarskega razvoja Slovenije. Ljubljana : Urad za makroekonomske analize in razvoj, 2001. 122 str.
5. The Role of Information Society in Transition Processes. Annual Report. Ljubljana, 1998. 106 str.