

# SISTEMI ZA PODPORO ODLOČANJU: METODOLOGIJA RAZVOJA

UROŠ RAJKOVIČ IN BORUT WEBER

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede, Kranj, Slovenija  
E-pošta: uros.rajkovic@um.si, borut.weber@um.si

**Povzetek** Poglavlje opisuje tri primere sistemov za podporo odločanju, ki spadajo med večkriterijske odločitvene ekspertne sisteme: na področju svetovanja kmetijam pri preusmerjanju v vrtnarsko dejavnost, pri oceni tveganja za nastanek pljučnice pri umetno ventiliranem pacientu v kliničnem okolju in pri oceni stopnje digitalizacije šole kot osnovi za pripravo akcijskih načrtov. Vsi primeri so zasnovani na metodologiji DEX. Poudarek je na interdisciplinarnosti ekip strokovnjakov in na dodani vrednosti posameznih rešitev, kako pomagajo človeku pri sprejemanju boljših in bolje razumljenih odločitev. Poudarjene so faze razvoja sistemov za podporo odločanju in njihove bistvene razlike. Predstavljeni sinergetski učinki spodbujajo k ustvarjanju novih podobnih modelov, s katerimi želimo zmanjšati možnost človeških napak v odločitvenih procesih.

**Ključne besede:**

sistem za podporo odločanju, ekspertni sistem, večkriterijsko odločanje, metoda DEX, študija primera

# DECISION SUPPORT SYSTEMS: METHODOLOGY OF DEVELOPMENT

UROŠ RAJKOVIČ & BORUT WERBER

University of Maribor, Faculty of Organizational Sciences, Kranj, Slovenia  
E-mail: uros.rajkovic@um.si, borut.weber@um.si

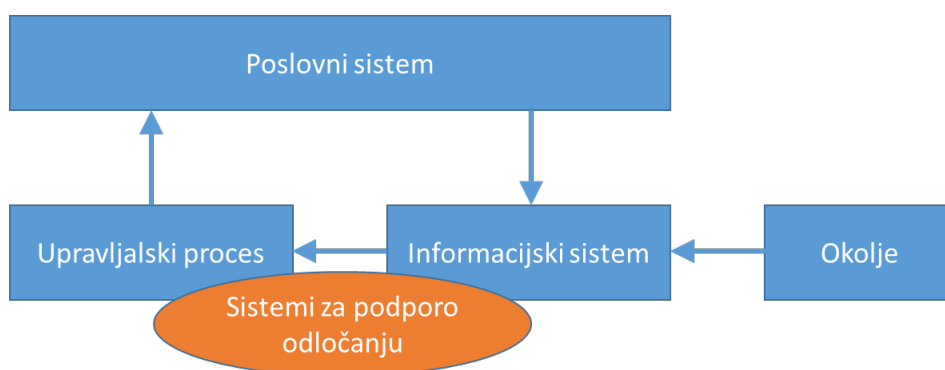
**Abstract** The chapter describes three examples of decision support systems that belong to multi-criteria decision-making expert systems: in the field of advising farms on reorienting to horticultural activity, in assessing the risk of ventilator associated pneumonia in a clinical setting, and in assessing the level of school digitization as a basis for developing action plans. All examples are based on the DEX methodology. The emphasis is on the interdisciplinarity of teams of experts and on the added value of individual solutions, how they help humans to make better and better understood decisions. The stages of development of decision support systems and their essential differences are emphasized. The presented synergetic effects encourage the creation of new similar models with which we want to reduce the possibility of human error in decision-making processes.

**Keywords:**

decision  
support  
system,  
expert  
system,  
multicriteria  
decision  
making,  
DEX  
methodology,  
case  
study

## 1 Upravljanje poslovnih sistemov

Poslovni sistem predstavlja zaokroženo celoto medsebojno povezanih elementov, ki omogočajo poslovni proces. Lahko ga razumemo kot podjetje, organ v javni upravi, zavod ali kot neformalno društvo. Posluje v okolju, ki se nenehno spreminja, zato pravimo, da gre za dinamičen sistem. Zato je pomembno, da se sistem lahko prilagaja spremembam v okolju. Temu je namenjen upravljalški proces, ki sprejema odločitve na osnovi podatkov in informacij, ki jih prejme iz informacijskega sistema. Informacijski sistem zbira in ponuja podatke o delovanju samega poslovnega sistema, podatke iz okolja ter o okolju. S tem je udeležena povratna kibernetska zanka (slika 1). Na sliki sta prikazana mesto in vloga sistemov za podporo odločanju, ki pomagata zagotavljati informacije, potrebne za odločanje, upravljalškemu procesu. V splošnem gre za vprašanje, kako iz množice podatkov v informacijskem sistemu razbrati informacije, ki bodo podprle odločitvene procese.



**Slika 1:** Mesto in vloga sistemov za podporo odločanju pri upravljanju poslovnega sistema

Vir: lasten.

Vzemimo za primer uvajanje sistemov za podporo odločanju v klinično prakso. V raziskavi (Hansen, Rovelo Ruiz, Coninx, 2020) so spraševali številne kardiologe, kaj bi predpisali določenim petim pacientom, pri katerih je indicirana telesna vadba. Gre za področje, kjer obstajajo jasne smernice. Kljub temu so zdravniki predpisovali zelo različne vadbe glede intenzitete, trajanja posamezne vadbe, trajanja celotnega programa ipd. Z izgradnjo sistema za podporo odločanju so zajeli različne vidike smernic in ga ponudili zdravnikom v uporabo. Ugotovili so, da takšen sistem povečuje točnost in konsistentnost predpisanih vadb, čeprav služi strokovnjakom le

kot opomnik. Nadalje so zaznali, da so strokovnjaki ob souporabi sistema za podporo odločanju bolj samozavestni, ko gre za prepričanje, da so njihove predpisane vadbe pravilne.

Tako kot poznamo v letalstvu kopilote, pri izobraževanju mentorje, lahko vpeljemo drugo mnenje oz. pomoč na vseh ravneh upravljanja najrazličnejših sistemov. Smiselno je, da se pri tem poslužujemo najboljših strokovnjakov, ki so praviloma redki. Na področju umetne inteligence se sprašujemo, kako jih lahko nadomestimo z digitalnimi strokovnjaki, to so informacijske rešitve, ki nam pomagajo pri pomembnih odločitvah.

## 1.1 Umetna inteligenca

Umetna inteligenca pokriva široko področje informacijskih rešitev. Mednje spadajo nevronske mreže, ki v splošnem dobro rešujejo marsikatero probleme. Gradijo se same na osnovi učnih vhodnih podatkov. Nevronske mreže se tako na primer uporabljajo tudi za prepoznavanje obrazov na fotografijah. Tako lahko naš telefon zazna, kdaj se ljudje, ki jih slikamo, smejejo, da ujamemo na fotografijo vesel trenutek. Če nas zanima, kako nevronska mreža to počne, lahko pogledamo v posamezna vozlišča, kjer praviloma naletimo na enostavne nerazumljive matematične izraze. Številkam, s katerimi operirajo nevronske mreže, praviloma ne moremo pripisati ljudem jasnih pomenov.

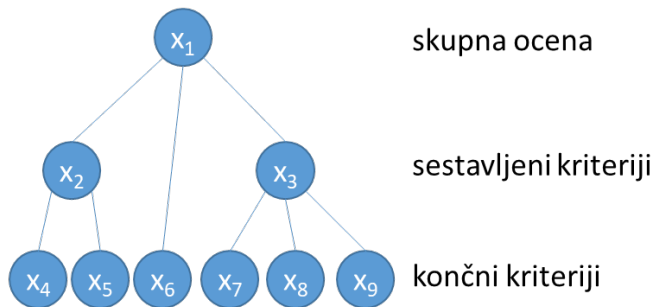
Vzemimo za primer nevronska mrežo Inception v3 podjetja Google, ki se pogosto uporablja za zaznavanje objektov pri analizi slik, tudi v zdravstvene namene (Milton-Barker, 2019). Če posredujemo katerokoli sliko, nam nevronska mreža vrne 2048 opisnih značilk - numeričnih podatkov, pri čemer ne vemo, kaj pomeni oz. predstavlja posamezna številka. Zato pravimo, da nevronske mreže težko razumemo, saj predstavljajo črne škatle. Gre namreč za implicitno znanje, iz katerega se težko učimo.

Na drugi strani najdemo ekspertne sisteme, ki jih praviloma razvijemo ljudje, eksperti določenega izbranega ozkega področja. Takšni sistemi se praviloma ne učijo sami, ampak eksperti vnesejo znanje, na primer v obliki pravil. To znanje lahko eksplicitno prikažemo uporabnikom z namenom, da pojasnimo rezultat ekspertnega sistema, ki ga v tem oziru vidimo kot belo škatlo.

V tem prispevku se osredotočamo na izgradnjo ekspertnih sistemov s hierarhičnimi večkriterijskimi metodami. Poudarek je na interdisciplinarnosti ekipe strokovnjakov, ki sodeluje pri izgradnji tovrstnih sistemov za podporo odločanju. Prikazani in analizirani so trije primeri razvoja rešitev na področju kmetijstva, ocenjevanja stopnje digitalizacije šol in zdravstva.

## 2 Metoda DEX

Za razumevanje predstavljenih odločitvenih modelov je potrebno podrobneje predstaviti uporabljene metode. Večkriterijskim hierarhičnim metodam za podporo odločanju je skupna razvrstitev množice kriterijev  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  v hierarhično strukturo. Množica  $X$  je kočna, saj se s spremembo nabora kriterijev spremeni model. Praviloma gre za povezovanje merljivih končnih kriterijev, ki predstavljajo liste v drevesni strukturi ( $x_4$  do  $x_9$ ), preko vmesnih vozlov ( $x_2$  in  $x_3$ ) do končne ocene ( $x_1$ ), ki predstavlja koren drevesa (slika 2).



Slika 2: Primer večkriterijske hierarhične strukture

Vir: lasten.

Model služi ocenjevanju alternativ. Množica alternativ  $\mathcal{A} = \{a_1, a_2, \dots\}$  je potencialno neskončna, kar pomeni, da lahko kadarkoli dodamo nove alternative, to pa ne spreminja obstoječega modela. Vsako alternativo opišemo po končnih kriterijih z vektorjem tako, da ji za vsak končni kriterij izberemo praviloma eno vrednost:

$$\vec{a} = (d_1, d_2, \dots, d_n), \quad (1)$$

kjer  $d_i$  predstavlja poljubno vrednost iz domene zalag vrednosti  $i$ -tega kriterija  $x_i$ .

Med večkriterijske hierarhične metode spada metoda DEX, ki je bila razvita v sodelovanju med Fakulteto za organizacijske vede in Institutom Jožef Stefan (Bohanec, Rajkovič, 1990, Bohanec et al., 2013). Njena posebnost je, da imajo kriteriji opisne, diskretne zaloge vrednosti, na primer nezadosten, zadosten, dober, prav dober, odličen. V praksi to pomeni, da nam naravnih vrednosti ni potrebno zamenjevati s številkami, pri katerih se pomen lahko zamegli. Zaloge vrednosti so praviloma urejene od najslabše do najboljše. Vsakemu kriteriju  $x_i$  določimo končno množico zalog vrednosti  $D_i = \{d_{i1}, d_{i2}, \dots, d_{ij}\}$ .

Kako računamo z opisnimi vrednostmi? DEXove funkcije koristnosti so predstavljene s preprostimi pravili v obliki *če ... potem ...* Vzemimo za primer kriterij  $x_2$  (slika 2). Skladno s shematičnim prikazom računamo njegovo oceno iz ocen posamezne alternative za kriterija  $x_4$  in  $x_5$ . V splošnem moramo zapisati pravila za vse kombinacije zalog vrednosti teh dveh kriterijev  $D_4 \times D_5$ . Pravila zapišemo v obliki:

$$\begin{aligned} &\text{Če je vrednost}(x_4) = d_4 \\ &\text{in je vrednost}(x_5) = d_5, \\ &\text{potem je vrednost}(x_2) = d_2 \end{aligned} \quad (2)$$

kjer  $d_i$  predstavlja določeno vrednost kriterija  $x_i$ . Takšna enostavna pravila so razumljiva in pokrivajo vse kombinacije zalog vrednosti podrejenih kriterijev. Takšna pravila je potrebno nastaviti za vse kriterije z izjemo končnih kriterijev.

Končno oceno posamezne alternative računamo od nižje ležečih sestavljenih kriterijev proti korenu drevesa. Na koncu lahko dobimo pojasnila, na osnovi katerih pravil je bila izračunana ocena. Alternative lahko primerjamo po izbranih kriterijih, da jih bolje razumemo. Namen podpore odločanja je izboljšati poznavanje alternativ in medsebojnih vplivov različnih kriterijev.

V nadaljevanju so prikazani praktični primeri uporabe metode DEX s poudarkom na modeliranju znanja ekspertov.

### 3 Študije primerov

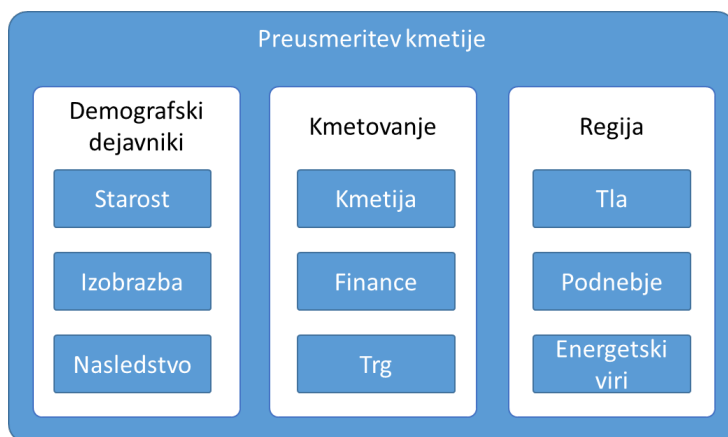
#### 3.1 Svetovanje na področju kmetijstva

Želeli smo zgraditi bazo znanja za pomoč svetovalcem, ki svetujejo slovenskim kmetom na področju preusmerjanja v vrtnarsko dejavnost. Težava na terenu, o kateri so nam poročali člani raziskovalne skupine, je bila, da različni svetovalci ponujajo različne poglede in argumente. Tako se kmet na osnovi več različnih mnenj težko odloča. Vemo, da rezultat odločitve ne bo vplival na svetovalce, ampak na kmeta in dotično kmetijo. V želji, da vključimo čim več deležnikov, smo sestavili anketo s 30 vprašanji o dejavnikih, ki se nanašajo na preusmeritev kmetije. Vprašalnik smo poslali 764 v Republiki Sloveniji registriranim kmetijam, ki se ukvarjajo z vrtnarsko dejavnostjo, in prejeli 305 izpolnenih vprašalnikov. Za primerjavo z drugimi vrstami kmetij smo soroden vprašalnik poslali 100 drugačnim kmetijam in prejeli 68 vrnjenih vprašalnikov. Na tej osnovi smo zasnovali nabor relevantnih kriterijev, jih strukturirali v hierarhično strukturo in določili zaloge vrednosti posameznih kriterijev (Nikoloski et al., 2017).

V naslednjem koraku smo zbrali skupino 11 strokovnjakov, od tega dva s področja razvoja ekspertnih sistemov, preostalih 9 s področja kmetijstva. Sedem strokovnjakov je specializiranih za področje vrtnarske dejavnosti. Eksperti so na osnovi skupnih sestankov dopolnjevali model in pravila. Pri tem so se posluževali metode Analitični hierarhični proces - AHP (Satty, 2008; Parekh et al., 2015; Dong, Cooper, 2016) za določanje medsebojnih vplivov in pomembnosti posameznih kriterijev. Metoda AHP, podobno kot metoda DEX, spada v skupino večkriterijskih hierarhičnih metod. Za razliko od metode DEX računa metoda AHP s številskimi vrednostmi z uporabo fiksnih uteži. To pomeni, da ima vsak kriterij nespremenljiv vpliv na končno oceno. Če se preusmerjanje kmetije starejšim kmetom, ki sami skrbijo za kmetijo, odsvetuje, ali drži, da se z enako pomembnostjo preusmerjanje mlajšim kmetom priporoča? Ne, v takšnih primerih na odločitve o preusmerjanju kmetije bistveno vplivajo drugi dejavniki, ne pa starost. V praksi le redko srečamo primere, kjer imajo kriteriji nespremenljive uteži. Zato smo v ekspertni skupini izbrali metodo DEX, kjer določamo posamezna pravila, kar nam omogoča uporaba nelinearnih uteži (Bohanec, Trdin, Kontić, 2015).

Rezultat dela ekspertne skupine je odločitveni model, ki sestoji iz nabora 32 kriterijev, urejenih v ustrezno drevesno strukturo. Vsakemu kriteriju smo določili zaloge vrednosti. Sestavljenim kriterijem smo določili odločitvena pravila. Slika 3 prikazuje vrhnje tri nivoje drevesne strukture kriterijev.

Iz rezultatov dela ekspertne skupine se lahko naučimo, da je približno tretjina kriterijev, ki se nanašajo na regijo. Ti kriteriji se nanašajo na geotermalno in solarno energijo, kvaliteto zemlje in vodnih virov, povprečne letne temperature in letne padavine in podobno. Ni potrebno, da za vsako kmetijo zbiramo te podatke, saj so podobni za širša območja. Te podatke lahko zberemo vnaprej za več kmetij oz. alternativ.



**Slika 3: Vrhni trije nivoji kriterijev za svetovanje kmetijam pri preusmerjanju v vrtnarsko dejavnost**

Vir: lasten.

Rezultate 305-ih anketnih vprašalnikov smo lahko uporabili za preverjanje modela.

Tovrstni modeli omogočajo več analiz podatkov. Slika 4 prikazuje analizo *selektivna razlaga vrednotenja*, ki prikazuje najboljše in najslabše ocenjene kriterije kot prednosti in slabosti posamezne kmetije.



Prednosti		Slabosti	
Kriterij	Ocena	Kriterij	Ocena
Mehanizacija	odlična	Nasledstvo	brez
Izrabljenost	nova	Zemljišče	manj primerno
Investicije	odlične	Nadomska višina	visokogorje
Tla	zelo primerna	Energetski viri	manj primerni
Relief	zelo primeren	Sonce	manj primerno
Sestava tal	zelo primerna	Geotermalna	manj primerna

Slika 4: Selektivna razlaga vrednotenja

Vir: svoj.

Za izgradnjo podobnih modelov za preusmeritev v druge kmetijske dejavnosti bi verjetno lahko uporabili podoben nabor in strukturo kriterijev. Seveda bi bilo potrebno predhodno izvesti ustrezne anketne raziskave, na osnovi katerih bi domnevo potrdili. Nato bi lahko z drugačnimi timi strokovnjakov zasnovali drugačna pravila za posamezne kmetijske dejavnosti.

### 3.2 Klinični sistem za podporo odločanju

Razvoj kliničnih sistemov za podporo odločanju ne dopušča napak. Opisani primer ocenjuje tveganje za nastanek pljučnice pri pacientih na ventilatorju. Kot tak je še posebej zanimiv, saj je nastal v začetku pandemije zaradi bolezni COVID-19, ki jo zaznamuje povečanje deleža pacientov, ki potrebujejo ventilator v procesu zdravljenja (Drnovšek, Milavec Kapun, Rajkovič, 2020).

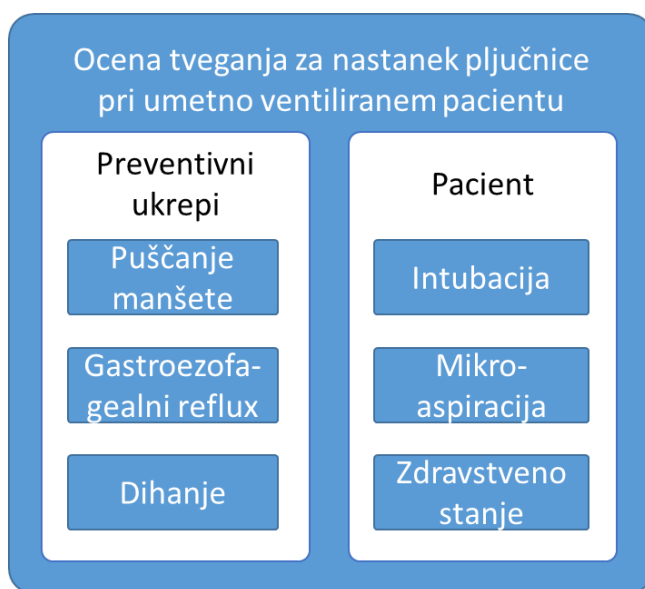
V tem procesu lahko nastopi pljučnica kot posledica uporabe ventilatorja. Gre torej za okužbo, pridobljeno v bolnišnici, ki jo smatramo kot enega izmed kazalnikov kakovosti bolnišničnega zdravljenja.

Želeli smo zgraditi model za oceno tveganja, s katerim bi uporabnikom pojasnili pomen posameznih zdravstvenih ukrepov za preprečevanje omenjene okužbe.

Petčlansko ekipo strokovnjakov so sestavljali trije strokovnjaki iz klinične prakse, ki so strokovnjaki s področja zdravstvene nege bodisi na znanstveno-raziskovalnem področju bodisi na področju intenzivne nege, kjer pri svojem delu pogosto obravnavajo paciente na ventilatorju. Preostala dva člana sta bila s področja modeliranja znanja za razvoj baze znanja ekspertnih sistemov.

Izgradnja modela je slonela na praktičnem in strokovnem znanju ter uporabi dejanskih kliničnih podatkov. Slika 5 prikazuje pogled z vrha na drevesno strukturo 29 kriterijev. Na najvišjem nivoju se drevo razdeli na *Preventivne ukrepe*, ki veljajo na posameznem oddelku bolnišnice in so enako ocenjeni za vse paciente istega oddelka, in na skupino kriterijev *Pacient*, ki se ocenjuje za vsakega pacienta ločeno. Model poudarja pomen sistemskega zagotavljanja visokega nivoja preventivnih ukrepov, ki je prepoznan kot ključni element preprečevanja tovrstnih bolnišničnih okužb.

V modelu smo želeli ohraniti enostavna poimenovanja zalog vrednosti, ki se pojavljajo v analizah. Za ocenjevanje posameznega primera je bilo zato potrebno zasnovati ustrezna daljša pojasnila, kaj pomeni posamezna zaloga vrednosti. S tem želimo zagotoviti objektivnost ocene - neodvisnost ocene od ocenjevalca. Tabela 1 prikazuje primer domene zalog vrednosti za izbran kriterij *Ustna nega*, ki vključuje pojasnila posameznih vrednosti.



Slika 5: Vrhni trije nivoji kriterijev za oceno tveganja za nastanek pljučnice pri umetno ventiliranem pacientu

Vir: lasten.

**Tabela 1: Zaloga vrednosti za kriterij Ustna nega s pojasnili**

Zap. Št.	Zaloga vrednosti	Opis
1.	Manjše tveganje	Pacient aktivno sodeluje pri ustni negi
2.	Srednje tveganje	Močno sediran pacient
3.	Veliko tveganje	Nemiren pacient (ne sodeluje)
4.	Zelo veliko tveganje	Pacient se upira – izvedba ustne nege je močno ovirana ali nemogoča

Vir: lasten.

V fazi testiranja smo zbrali podatke o 19 pacientih. Zgrajen model za oceno tveganja je pri pacientih, ki so tekom ventilacije razvili pljučnico, ocenil, da obstaja večje tveganje za nastanek pljučnice umetno ventiliranega pacienta kot pri pacientih, ki niso zboleli za pljučnico. To pomeni, da sistem lahko uporabimo za izračun ocene tveganja v kliničnem okolju. Pomemben doprinos modela vidimo v naslednjih elementih:

- pojasnilo, kaj vpliva na oceno tveganja pri posameznem pacientu;
- razumevanje pomena preventivnih ukrepov, ki morajo biti sistemsko urejeni in ustrezno udeleženi v praksi;
- zavedanje pomena zdravstvene nege pri preprečevanju nastanka pljučnice pri umetno ventiliranih pacientih.

Za zmanjševanje tveganja je pomembno, da strokovno osebje ustrezno identificira dejavnike, ki najbolj prispevajo k povečanemu tveganju, in da ob ustreznem razumevanju lahko njihov vpliv omilijo oz. odpravijo.

Interdisciplinaren tim je v modelu prikazal pomen različnih vrst zdravstvenih delavcev pri preprečevanju nastanka pljučnice pri umetno ventiliranih pacientih. Gre za novo znanje v smeri prizadevanj za celostno obravnavo pacientov.

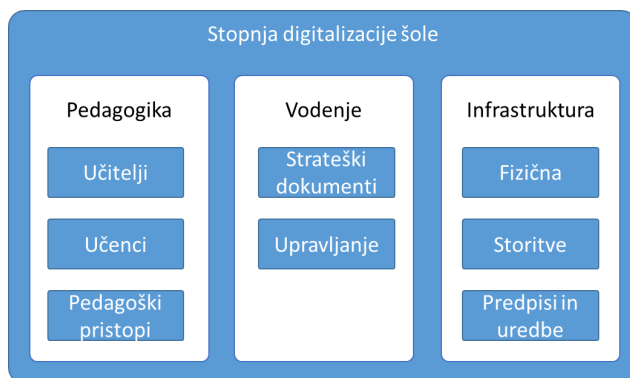
### 3.3 Ocenjevanje stopnje digitalizacije šole

Na področju digitalizacije šolstva smo zgradili odločitveni model za samoocenjevanje stopnje digitalizacije šole. Model je namenjen kot pripomoček pri iskanju najšibkejših členov, ki ovirajo šolo na poti doseganja višje ravni digitalizacije (Čampelj et al., 2019).

Ekipo strokovnjakov je sestavljalo sedem strokovnjakov s področja informatizacije šolstva in pet strokovnjakov s področja metodologij razvoja odločitvenih modelov. V prvi fazi razvoja modela smo skušali zasnovati svoj nabor kriterijev, vendar smo ugotovili, da je primerneje uporabiti obstoječ skupni okvir DigCompOrg (Kampylis, Punie, Devine, 2015; Linko, Kantola, Friman, 2016), ki je bil razvit na nivoju Evropske unije. Gre za obsežen nabor merljivih 74 kriterijev s podrobnimi opisi zalog vrednosti. Skupina strokovnjakov je zgradila drevo kriterijev, ki zajema 124 kriterijev, od tega 74 končnih in 50 sestavljenih. Verjamemo, da hierarhična struktura omogoča boljše analize in nudi boljša pojasnila pri razumevanju končne ocene. Slika 6 prikazuje prve tri nivoje drevesne strukture kriterijev za oceno stopnje digitalizacije šole.

Strokovnjaki so sprva določili numerične uteži kriterijem. Ob zavedanju, da so uteži lahko odvisne od zalog vrednosti, je skupina pregledala in po potrebi spremenila vsako izmed pravil v modelu.

Za testiranje modela smo izbrali pilotno šolo – izbrano osnovno šolo v Republiki Sloveniji. Skladno z modelom DigCompOrg je za samoocenjevanje potrebno zbrati ocene treh deležnikov: ravnatelja, računalničarja organizatorja informacijskih dejavnosti (to je strokovnjak za računalništvo, ki organizira, koordinira in vodi informacijsko dejavnost na šoli) in naključno izbranega učitelja splošnih vsebin, ki uporablja informacijsko-komunikacijske tehnologije pri poučevanju. Delavnica je potekala v treh fazah in je trajala približno 4 ure.



Slika 6: Vrhni trije nivoji kriterijev za oceno stopnje digitalizacije šole

Vir: lasten.

V prvi fazi je vsak izmed treh šolnikov samostojno ocenil stopnjo digitalizacije šole po končnih kriterijih. Pri tem so ključne razlage zalog vrednosti pri posameznih kriterijih, saj ocene od A do D ne nudijo dovolj informacij. Tabela 2 prikazuje pojasnila zalog vrednosti za izbran kriterij Posodabljanje akcijskih načrtov.

Tabela 1: Zaloge vrednosti za kriterij *Akcijski načrt* s pojasnili

Zap. Št.	Zaloga vrednosti	Opis
1.	D	Ne obstaja akcijski načrt za digitalizacijo šole ali pa še ni bil nadgrajen.
2.	C	Akcijski načrt digitalizacije šole se ne nadgrajuje sistemsko. Novi predlogi se dodajajo ad hoc.
3.	B	Akcijski načrt digitalizacije šole se nadgrajuje najmanj na dve leti in je osnovan na oceni stopnje digitalizacije. Akcijski načrt se ne promovira med vse deležnike.
4.	A	Akcijski načrt digitalizacije šole se nadgrajuje vsako leto in je osnovan na notranji in zunanji oceni. Potrjen je s strani upravnega organa šole in je promoviran med vse deležnike.

Vir: lasten.

V drugi fazi so s pomočjo programa DEXi (Bohanec, 2020), ki je osnovan na omenjeni metodologiji DEX, primerjali ocene vseh treh deležnikov. Program je namreč prikazal nabor tistih kriterijev in ocen, kjer ocenjevalci niso bili enotnega mnenja. Namen te faze je diskusija in utemeljevanje ocen. Možni so popravki, pri čemer lahko vsak popravlja zgolj svoje ocene. V tej fazi so primerjali tudi izračunane ocene za 50 sestavljenih kriterijev in so lahko z vpogledom v pravila razumeli domensko znanje o medsebojnih vplivih posameznih kriterijev.

V tretji fazi so skupno določili prioritete in spremembe načrtov za prihodnje čase. Spremembe so tako osnovane na argumentih in bazi znanja, ki je sestavni del opisanega ekspertnega modela.

Postopek oziroma delavnico smo ponovili po šestih mesecih. V tem času nismo pričakovali drastičnih sprememb, čeprav smo zaznali dve spremembi pri končnih kriterijih. Opazili smo, da so bile njihove ocene v okviru druge delavnice bolj poenotene, kar pripisujemo fazi prve delavnice, ko so deležniki lahko pojasnjevali svoje poglede na ocene posameznih končnih kriterijev.

## 4 Diskusija

Pri razvoju opisanih treh primerov sistemov za podporo odločanju smo za potrebe izgradnje baze znanja zasnovali ekipe strokovnjakov, ki sestojijo tako iz domenskih strokovnjakov kot tudi iz strokovnjakov s področja metodologije razvoja večkriterijskih odločitvenih ekspertnih sistemov. Po številu vedno prednjačijo strokovnjaki s področja, za katerega snujemo odločitvene modele. V naših primerih je bilo teh strokovnjakov med 3 in 9, odvisno od njihovih specifičnih znanj in od širine in interdisciplinarnosti področja, ki ga želimo podpreti z informacijsko rešitvijo.

Metodološki strokovnjaki, ki organizirajo proces izgradnje ekspertnega sistema in poznajo različne metodologije, so ključnega pomena pri zagotavljanju hitrega razvoja in pri upoštevanju metodoloških načel in pravil posameznih metodologij ter prispevajo s svojimi izkušnjami k uporabi najboljših metodologij in posledično analiz rezultatov. V opisanih primerih je bilo v ekspertni skupini od dva do pet metodoloških strokovnjakov. Pri njih interdisciplinarnost ni zahtevana. Pogosto se sprašujemo, ali bi zadostoval že en sam strokovnjak s področja metodologije. Menimo, da več glav več ve in da je zato smiselno, da ima tudi metodološki strokovnjak svojega kopilota.

Identifikacija merljivih kriterijev, ki vplivajo na kočno odločitev, je najzahtevnejša in najpomembnejša faza izgradnje tovrstnih modelov. Zasnova hierarhične strukture je pomembna, vendar ne predstavlja ovire domenskim strokovnjakom pri izgradnji tovrstnih modelov. Ob upoštevanju osnovnih pravil glede števila in sorodnosti podrejenih kriterijev lahko hitro zgradimo metodološko pravilno in razumljivo drevesno strukturo. Težavo predstavlja določanje jasnih zalog vrednosti, ki morajo biti nedvoumne za uporabnike. Časovno zahtevna je tudi faza določanja odločitvenih pravil, saj moramo proučiti vsako od mnogih pravil.

V modelu želimo imeti opisne zaloge vrednosti, ki jih vsi uporabniki modela enako razumemo. Običajno naletimo na težave pri skupnem razumevanju zalog vrednosti končnih kriterijev, saj so zaloge vrednosti sestavljenih kriterijev določene s pravili. Pri vseh opisanih modelih smo v ta namen zasnovali opise posameznih zalog vrednosti vsem končnim kriterijem. Le-te so ključne za pravilno uporabo modelov, ko ocenjujemo nove alternative.

Pravila, kako izračunamo oceno višjeležečih sestavljenih kriterijev v sami hierarhični strukturi, morajo biti razumljiva. Enostavna pravila tipa če-potem so razumljiva v fazah, ko preverjamo in uporabljamo modele, medtem ko smo v fazi izgradnje modelov pogosto skušali namesto pravil uporabiti nespremenljive uteži. Uteži so bile osnovane na:

- statistični analizi anketnih vprašalnikov,
- metodi skupinskega odločanja, podprti z metodo AHP,
- statistični analizi kliničnih podatkov ali
- dogovarjanju med domenskimi strokovnjaki.

V vseh treh opisanih primerih izgradnje odločitvenih modelov se je izkazalo, da nespremenljive uteži niso ustrezne za izračun ocen sestavljenih kriterijev. To pomeni, da ko alternativo ocenimo pri istem kriteriju z dobro oz. s slabo oceno, se spremeni vpliv te ocene na končno oceno. Pravimo, da je utež odvisna od zaloge vrednosti. Ob upoštevanju diskretnih zalog vrednosti smo se zato posluževali enostavnih pravil tipa če-potem.

Po izgradnji modela je model potrebno pilotno testirati. Opisani modeli so bili pilotno testirani na prejetih anketnih podatkih kmetij, na 19 izbranih pacientih oz. na pilotni šoli.

Ko je model validiran in verificiran, ga lahko predamo v uporabo. Tu se pokažejo prednosti ekspertnih sistemov, ki znajo pojasniti ocene in ponujajo nabor različnih analiz. Analize so ključne za razumevanje problematike področja in posameznih alternativ z vidika odločevalca, ki je na koncu odgovoren za svoje odločitve.

## 5 Zaključek

Prikazali smo tri izbrane študije primera izgradnje ekspertnih sistemov za pomoč pri odločanju na področjih svetovanja kmetijam pri preusmerjanju v vrtnarsko dejavnost, pri oceni tveganja za nastanek pljučnice pri umetno ventiliranem pacientu v kliničnem okolju in pri oceni stopnje digitalizacije šole kot osnovi za pripravo akcijskih načrtov.

Poudarek pri proučevanju navedenih primerov je bil na sestavi ekipe strokovnjakov za izgradnjo modelov. V vseh primerih je bila ekipa multidisciplinarna, saj gre za široka področja. V ekipi sta vedno sodelovala najmanj dva metodološka strokovnjaka s področja razvoja ekspertnih sistemov. Menimo, da tudi strokovnjaki potrebujejo kopilota in da je »podvajanje« znanj v ekipi zaželeno.

V vseh opisanih primerih je bila uporabljena metoda DEX, ki spada na področje večkriterijskih hierarhičnih metod za podporo odločanju. Od mnogih drugih sorodnih metod se razlikuje po uporabi opisnih, disketnih zalog vrednosti in enostavnih pravilih tipa če-potem, s katerimi določamo funkcije koristnosti sestavljenih kriterijev. Odlikujejo jo tudi možnosti preprostih in jasnih analiz, kar je še posebej pomembno pri udejanjanju odločitev.

S tovrstnimi modeli dvigujemo raven konsistentnosti odločitev različnih odločevalcev, saj je osnova vsem modelom, da eksplicitno pojasnijo končno oceno in na razumljiv način prikažejo zajeto znanje. Tako lahko pomagamo odločevalcem zagotavljati višji nivo točnosti in višjo stopnjo samozavesti pri odločanju na omenjenih področjih.

Opisani modeli nakazujejo nove možnosti uporabe sorodnih modelov v podobnih situacijah. Ker jih znamo razviti, se sprašujemo predvsem o dodani vrednosti. Le-ta se kaže v razumevanju problematike, saj se iz baze znanja lahko učimo tako uporabniki kot tudi strokovnjaki. Novo znanje lahko vpliva na boljše odločitve odločevalcev in posledično na celotne poslovne sisteme, ki jih zadeva.

Sisteme za podporo odločanju je potrebno razumeti kot pripomoček človeku pri razmišljanju in sprejemanju odločitev. Ti sistemi ne morejo nadomestiti kreativnosti in inovativnosti odločevalca, ki je v opisanih primerih vedno človek. Sistemi za podporo odločanju nam pomagajo priti do boljših in bolje utemeljenih odločitev. Njihovo uporabo vidimo predvsem v zmanjševanju možnosti človeških napak v odločitvenih procesih.

Za uporabo modelov v praksi bodo potrebne organizacijske spremembe, ki zahtevajo predvsem spremembo naših navad, da se poslužujemo drugih mnenj ne samo od drugih živih strokovnjakov, ampak tudi iz ekspertnih sistemov.



Proces izgradnje sistemov za podporo odločanju lahko vidimo kot proces učenja že v fazi izgradnje, tj. med strokovnjaki, ki prihajamo z različnih področij. Novopridobljena znanja pa predstavljajo sinergetski učinek omenjenega procesa.

## Literatura

- Bohanec, M. (2020) DEXi: A Program for Multi-Attribute Decision Making, Version 5.04. Institut Jožef Stefan. Pridobljeno 17. 4. 2021 na <https://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>
- Bohanec, M., Rajkovič, V. (1990) DEX: an expert system shell for decision support. *Sistemica*, 1, str. 145–157.
- Bohanec, M., Rajkovič, V., Bratko, I., Zupan, B., Žnidaršič, M. (2013) DEX methodology: three decades of qualitative multiattribute modelling. *Informatica*, 37, str. 49–54.
- Bohanec, M., Trdin, N., Kontić, B. (2015) A qualitative multi-criteria model for the evaluation of electric energy production technologies in Slovenia. V: Zadnik Stirn, L., Žerovnik, J., Kljajić Borštnar, M., Drobne, S. (Ur.), *Proceedings of 13th International Symposium on Operational Research*. Slovenian Society Informatika, str. 11-16.
- Čampelj, B., Karnet, I., Brodnik, A., Jereb, E., Rajkovič, U. (2019) A multi-attribute modelling approach to evaluate the efficient implementation of ICT in schools. *Central European Journal of Operations Research*, 27, str. 851–862.
- Dong, Q., Cooper, O. (2016) A peer-to-peer dynamic adaptive consensus reaching model for the group AHP decision making. *Eur. J. Op. Res.*, 250(2), str. 521–530.
- Drnovšek, R., Milavec Kapun, M., Rajkovič, U. (2020) Multi-criteria risk evaluation model for developing ventilator-associated pneumonia. *Central European Journal of Operations Research*, published online, str. 1-16.
- Hansen, D., Rovelo Ruiz, D., Coninx, K. (2020) Computerized decision support for exercise prescription in cardiovascular rehabilitation: high hopes...but still a long way to go. *European Journal of Preventive Cardiology*, str. 1-3.
- Kampylis, P., Punie, Y., Devine, J. (2015) Promoting effective digital-age learning: a European framework for digitally-competent educational organisations. *Institute for Prospective Technological Studies*.
- Linko, L., Kantola, M., Friman, M. (2016) An Online Journal Promoting Digital Collaboration in Finnish Higher Education Institutions. V: *EAPRIL Conference Proceedings 2016*. European Association for Practitioner Research on Improving Learning, str. 228–238.
- Milton-Barker, A. (2019) Inception V3 Deep Convolutional Architecture For Classifying Acute Myeloid/Lymphoblastic Leukemia. Intel. Pridobljeno 17. 4. 2021 na <https://software.intel.com/content/www/us/en/develop/articles/inception-v3-deep-convolutional-architecture-for-classifying-acute-myeloidlymphoblastic.html>
- Nikoloski, T., Udovč, A., Pavlovič, M., Rajkovič, U. (2017) Farm reorientation assessment model based on multi-criteria decision making. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140, str. 237-243.
- Parekh, H., Yadav, K., Yadav, S., Shah, N. (2015) Identification and assigning weight of indicator influencing performance of municipal solid waste management using AHP. *KSCE J. Civ. Eng.*, 19(1), str. 36–45.
- Satty, T.L. (2008) Decision making with the analytic hierarchy process. *Int. J. Serv. Sci.*, 1(1), str. 83–98.

