

# RAČUNALNIK IN ODLOČANJE: ODLOČITVENI MODELI IN SISTEMI ZA PODPORO PRI ODLOČANJU

Marko Bohanec

Institut Jožef Stefan, Odsek za tehnologije znanja

Jamova 39, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

Tel: +386 1 477 3309; fax: +386 1 477 3315

e-mail: marko.bohanec@ijs.si

## POVZETEK

V prispevku predstavljamo nekaj pogledov na odločanje, proces odločanja in reševanje odločitvenih problemov s strani računalništva. Poudarek je predvsem na uporabi računalnika pri odločanju, ki ga izvaja posameznik ali skupina ljudi. V prispevku predstavimo discipline, ki se ukvarjajo s podporo pri odločanju in definiramo proces odločanja in njegove lastnosti, ki nas zanimajo v tem okviru. Podrobneje predstavimo odločitveno analizo in sisteme za podporo pri odločanju.

## 1 UVOD

Pri razvoju računalniških aplikacij je eno najpomembnejših vprašanj vprašanje funkcionalnosti: kaj lahko računalnik ponudi uporabniku in kako mu lahko pomaga pri njegovem delu? Zato računalnikarje tudi pri odločanju zanima, kako bi lahko z računalnikom in ustreznimi računalniškimi programi ljudem pomagali pri odločanju, da bi se odločali lažje, hitreje, bolj učinkovito in nasploh bolje. Govorimo o programih, sistemih, metodah in tehnikah za *podporo pri odločanju* (angl. Decision Support) [7,9].

Pri tem se srečujemo s številnimi vprašanji. Kaj sploh je odločanje, kako poteka in kako široko naj ga zajamemo? Kakšne vrste odločitev poznamo? Od česa so odvisne naše odločitve? Kaj predstavlja naše *vhodne* podatke in kaj so pričakovani *izhodi*? Katere vidike odločanja lahko učinkovito podpremo in katerih ne? Kaj sploh je *dobra* odločitev? V prispevku opisujemo, kako se s temi vprašanji soočajo discipline, ki se ukvarjajo z metodološkimi in računalniškimi vidiki podpore pri odločanju.

## 2 OSNOVNE DISCIPLINE

Prvo vprašanje, ki ga v zvezi z odločanjem postavi računalnikar, je, ali gre za človeško ali strojno odločanje? Pri podpori odločanja želimo seveda pomagati človeku, torej nas zanima človeško odločanje. Toda dejstvo je, da je računalnik izredno prilagodljiv stroj, ki se je na nek način sposoben odločati tudi sam. Za to, da računalnik lahko izvaja neko nalogo, ga je potrebno programirati, torej definirati zaporedje ukazov, ki naj jih izvaja. Pri izvajanju pogosto nastopajo različne situacije, na katere se mora

računalnik odzvati različno. Na osnovi podatkov, ki jih ima, se mora *odločiti*, kako nadaljevati z izvajanjem naloge. Zato je ena temeljnih značilnosti računalniških programov prav ta, da se vejijo – vsebujejo ukaze, ki “preklaplajo” med različnimi zaporedji ukazov. Navzven se to bolj ali manj uspešno kaže kot sposobnost računalnika, da se odloča sam. Pri tem danes računalniki postajajo vse boljši in so se že sposobni odločati tudi v nepredvidljivih situacijah. Za primer omenimo računalniško krmiljene avtomobile, ki so bili v okviru izziva DARPA (<http://www.darpa.mil/grandchallenge/index.asp>) sposobni povsem samostojno prevoziti okrog 100 km poti v urbanem okolju.

S podporo človeškega odločanja se ukvarja cela vrsta disciplin, ki jih pogosto označimo s skupnim imenom *odločitvene znanosti* (angl. Decision Sciences). Gre predvsem za tri skupine disciplin [1]:

1. Prva skupina se uvarja z vprašanjem *racionalnega odločanja*: kako in po kakšnih pravilih naj se človek odloča pametno, smiselno, racionalno? Gre za *normativni* (kako bi bilo treba) in pretežno teoretični pristop, ki ga srečamo na primer pri odločitveni teoriji (angl. Decision Theory) [4,6].
2. Druga skupina opazuje, kako se ljudje dejansko odločamo. Govorimo o *deskriptivnem* ali *opisnem* pristopu, ki je značilen za večino kognitivnih znanosti.
3. Tretja skupina pa se dejansko ukvarja s *podporo pri odločanju*: kako udejaniti spoznanja normativnih in opisnih disciplin ter na ta način pomagati ljudem, da bi se odločali lažje in bolje? Sem sodijo na primer operacijske raziskave (Operational Research), odločitvena analiza (Decision Analysis) in sistemi za podporo pri odločanju (Decision Support Systems).

## 3 ODLOČANJE

V tehničnih disziplinah, ki se ukvarjajo s podporo pri odločanju, *odločanje* običajno definiramo kot proces izbire ene izmed več variant, alternativ, možnosti oziroma različic. Izbrati želimo tisto alternativo, ki najbolj ustreza ciljem odločevalca (ali skupine odločevalcev). Bistveni komponenti odločanja sta torej dve: množica *alternativ*,

med katerimi izbiramo, in *cilji*, ki jih želimo uresničiti z odločitvijo.

Odločanje je *proces*. To pomeni, da lahko traja dalj časa in je v splošnem sestavljen iz več aktivnosti, kot so:

- spoznavanje odločitvenega problema;
- zbiranje in preverjanje informacij;
- identifikacija alternativ;
- predvidevanje posledic odločitev;
- *odločitev* (izbira alternative),
- realizacija odločitve,
- obveščanje o odločitvi in razlogih zanjo;
- vrednotenje odločitve.

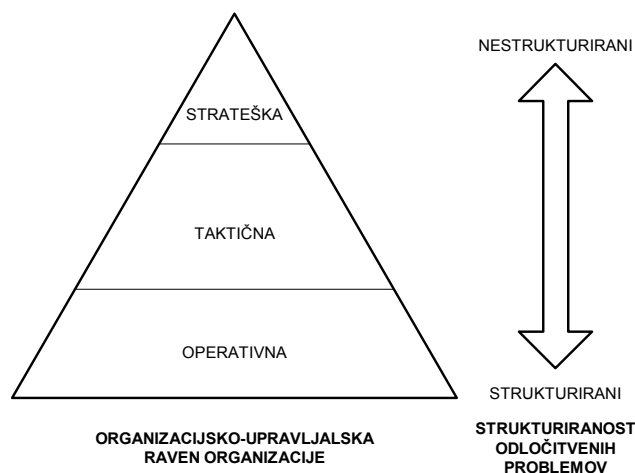
Ključni korak odločanja (kot procesa) je *odločitev*, to je izbira alternative na osnovi presoje, osnovane na zbranih informacijah. Z izbiro dajemo prednost določenim rešitvam in sicer tistim, za katere predvidevamo, da nas bodo najhitreje, najlažje ali najbolj zanesljivo pripeljale do cilja (ali vsaj čim bliže). Odločitev je rezultat zavestne kognitivne aktivnosti, zato je odločevalec odgovoren zanjo in za njene posledice. *Realizacija odločitve* je običajno povezana s porabo virov, kot so čas, energija in denar, kar pomeni, da so odločitve nepovratne in se njihovih posledic ne da povsem izničiti [8].

Paleta odločitvenih problemov je obsežna in raznolika. Na eni strani imamo vsakdanje odločitve, ki jih rešujemo zlahka in skoraj nezavedno (ali naj kupim štruco črnega ali belega kruha?), na drugi pa na primer probleme, ki zahtevajo ogromne vire, zadevajo mnogo ljudi in imajo pomembne družbene posledice (kako dolgoročno urediti železniški promet v Sloveniji?). Nekje vmes so pomembni življenjski problemi posameznikov (kaj naj študiram?), družin (kje in kako stanovati?) in organizacij (kako rešiti proizvodnjo, ki usiha?). Pri podpori odločanja nas običajno zanimajo le dovolj "zahtevni" odločitveni problemi, se pravi takšni, ki se jih "splača" lotiti na nek sistematičen način, in ki imajo dovolj "pomembne" posledice, da se o njih splača pridobiti čim več informacij, jih temeljito premisliti, se o njih posvetovati in jih v splošnem podpreti z neko metodo, računalniškim programom ali informacijskim sistemom. Hkrati velja, da lahko primerno podpremo le odločitveni problem, ki ga dovolj dobro razumemo in poznamo: vedeti moramo, o čem točno se odločamo, kaj hočemo doseči z odločitvijo, kakšne posledice ima lahko odločitev, vsaj približno moramo poznati alternative in njihove lastnosti, se zavedati glavnih virov negotovosti in podobno.

V odvisnosti od teh lastnosti potem različne odločitvene probleme delimo na več načinov:

- Po *zahtevnosti* delimo odločitve predvsem na *rutinske* in *tiste*, ki to niso.
- Po *pogostosti* ločimo *enkratne* in *ponavljajoče se* odločitve.
- Glede na *čas in zaporedje* ločimo med *enostopenjskimi* in *večstopenjskimi* odločitvami, slednje pa so lahko *vzporedne* ali *zaporedne*.

- Po *številu kriterijev*, ki jih upoštevamo pri izbiri najboljše alternative, delimo odločanje na *enokriterijsko* (ali *enoparametrsko*) in *večkriterijsko* (*večparametrsko*).
- Glede na *negotovost* razlikujemo med odločanjem v *gotovosti*, s *tveganjem* in v *negotovosti*.
- Po številu udeležencev so odločitve *individualne* ali *skupinske*.
- S stališča podpore pri odločanju je zelo pomembna delitev glede na *strukturiranost* (slika **Error! Reference source not found.**): pri *strukturiranih* odločitvah je postopek odločanja znan in dobro definiran, pri *nestrukturiranih* pa ne; prve lahko vsaj deloma avtomatiziramo, drugih pa praktično ne.
- Glede na *organizacijsko raven*, na kateri poteka odločanje v gospodarskih in drugih organizacijah (slika 1), ter na vpliv teh odločitev na organizacijo, lahko le-te razdelimo v *strateške* (so dolgoročne in vplivajo na celotno organizacijo), *taktične* (srednjeročni vpliv na del organizacije) in *operativne* (kratkoročni vpliv pri izvajanju operativnih nalog).



Slika 1: Ravnosti odločanja in strukturiranost odločitev

Tabela 1: Lastnosti informacij glede na raven odločanja v organizaciji.

Lastnost informacije	Operativne odločitve	Strateške odločitve
<b>Točnost</b>	visoka	nizka
<b>Podrobnost</b>	podrobna	izpeljana (agregirana)
<b>Časovni horizont</b>	sedanjost	prihodnost
<b>Pogostost uporabe</b>	pogosto	redko
<b>Viri</b>	notranji	zunanji
<b>Pogled</b>	ozek	širok
<b>Tip informacije</b>	kvantitativna	kvalitativna

Poznavanje lastnosti odločitvenih problemov je pomembno zato, ker opredeljuje lastnosti informacij, ki jih imamo na voljo pri podpori odločanja, ter lastnosti posameznih nalog, ki jih je potrebno podpreti. Na primer, informacije, s

katerimi imamo opravka na različnih ravneh odločanja v organizaciji, se med seboj bistveno razlikujejo; njihove najpomembnejše značilnosti povzema tabela 1.

#### 4 ODLOČITVENA ANALIZA

Odločitveno analizo [3,8] imenujejo tudi “uporabna odločitvena teorija”. Ponuja vrsto metod in tehnik za reševanje in analizo zahtevnih odločitvenih problemov. Probleme poskuša strukturirati in jih razgraditi na manjše, bolj obvladljive podprobleme. Pri tem upošteva elemente, kot so alternative, med katerimi izbiramo, dostopno informacijo o odločitvenem problemu, znanje in zahteve odločevalca ter poskuša oceniti negotovost in tveganje pri odločitvah. Na ta način dobljene odločitve naj bi bile vsaj v načelu racionalne, vendar se odločitvena analiza ob pomanjkanju popolnih informacij in drugih težavnih pogojih pogosto zadovolji tudi z odločitvami, ki niso povsem optimalne, pač pa le “dovolj dobre” oziroma “zadovoljive”.

Odločitvena analiza predlaga sistematičen pristop k reševanju odločitvenih problemov. Odločitveni proces razdeli na posamezne faze, kot so:

1. identifikacija odločitvenega problema,
2. identifikacija alternativ,
3. razgradnja problema in modeliranje,
4. vrednotenje, analiza in izbira alternativ,
5. realizacija odločitve.

V osnovi si faze sledijo zaporedno, vendar se lahko tudi prepletajo in ponavljajo. V njih poskušamo celotni odločitveni problem čim bolj natančno opredeliti (kaj je predmet odločanja, kaj so cilji in posledice odločitve, kakšne in katere alternative pridejo v poštev, kje so viri negotovosti in tveganja, itd.), ob tem pa poskušamo strukturirati in razgraditi odločitveni problema na manjše in lažje obvladljive podprobleme.

Za odločitveno analizo je predvsem značilna tretja faza, v kateri na osnovi zbranih informacij izdelamo enega ali več modelov, ki jih v četrti fazi uporabimo za vrednotenje alternativ ter različne analize in simulacije, kot sta analiza *kaj-če* in simulacija Monte Carlo, ter na tej osnovi izberemo najboljšo alternativo.

Za primer si oglejmo dva preprosta odločitvena modela za izbiro zaposlitve. Mladi ekonomist je za svojo prvo zaposlitev dobil štiri ponudbe, imenujemo jih A, B, C in D. Tabela 2 prikazuje eno najbolj osnovnih metod odločitvene analize: metodo *primerjave alternativ po parih*. V tabeli opredelimo preferenčne relacije med alternativami. Številka 1 pomeni, da imamo alternativo, ki je napisana v levem stolpcu, raje od alternative, napisane v glavi tabele. Številka -1 označuje ravno obratno. Številka 0 pomeni indiferenco, torej da sta obe alternativni enakovredni. Iz tabele lahko z nekaj logičnega sklepanja razberemo, da je odločevalcu najbolj všeč ponudba B, sledita enakovredni ponudbi A in D, najslabša pa je ponudba C.

Tabela 2: Matrika primerjav med ponodbami za službo.

Ponudba	A	B	C	D
A		-1	1	0
B			1	1
C				-1
D				

Drugi primer (tabela 3) pa prikazuje model vrednotenja ponudb, ki poteka na osnovi več parametrov. (uporabili smo metodo Kepner-Tregoe [5]). Vrednosti alternativ so izražene s točkami med 0 in 10, kjer 0 pomeni zelo slabo, 10 pa zelo dobro oziroma idealno vrednost. Podobno so določene uteži, kjer 10 označuje najbolj pomemben parameter, 0 pa takega, ki sploh ne vpliva na odločitev. Končna ocena alternativ je vsota zmnožkov med utežmi in vrednostmi parametrov. Tudi v tem primeru je najboljša ponudba B.

Tabela 3: Večparametrsko vrednotenje ponudb.

Utež	Alternativa				
	Parameter	A	B	C	D
10	Plača	8	10	6	5
7	Zanimivost dela	4	8	2	6
5	Lokacija	4	2	9	1
5	Varnost zaposlitve	4	6	9	2
4	Ugled	8	9	7	7
3	Napredovanje	6	4	8	10
3	Sodelavci	2	0	4	8
	<b>Ocena</b>	<b>204</b>	<b>244</b>	<b>228</b>	<b>189</b>

Takšne večparametrške modele lahko zelo koristno uporabimo za različne analize, na primer tako, da variramo vrednosti v tabeli in med seboj primerjamo rezultate. V ta namen lahko uporabimo tudi računalniške programe, ki so bodisi splošnonamenski ali specializirani. Splošnonamenski programi so elektronske preglednice ali matematični programi, v katerih uporabnik bodisi sam definira potrebne postopke in metode za delo z odločitvenimi modeli bodisi uporabi ustrezne že realizirane predloge ali dodatke. V ta okvir spadajo programi Microsoft Excel, OpenOffice.org, MATLAB in Mathematica. Specializirani programi v splošnem podpirajo: (1) zajemanje, oblikovanje in preoblikovanje modela vrednotenja in njegovih komponent, (2) zajemanje podatkov o alternativah, (3) vrednotenje in analizo alternativ ter (4) pripravo grafičnih prikazov in poročil. Znani programi te vrste so na primer [2] TreeAge Pro, DPL, Analytica, Hiview, ELECTRE, Expert Choice, Criterium Decision Plus, HIPRE, Web-HIPRE in domači DEXi.

#### 5 SISTEMI ZA PODORO PRI ODLOČANJU

Sistemi za podporo odločanja (angl. Decision Support Systems, DSS) so interaktivni računalniški programi, ki pomagajo odločevalcem pri uporabi podatkov in modelov

za spoznavanje in reševanje odločitvenih problemov. Glavne značilnosti takšnih sistemov so:

- vsebujejo podatke in modele;
- namenjeni so predvsem za pomoč menedžerjem pri reševanju delno strukturiranih in nestrukturiranih odločitvenih problemov;
- podpirajo odločevalca: mu pomagajo z izbiro in prikazom informacij, vendar ga ne nadomeščajo;
- bolj kot učinkovitosti so namenjeni izboljšanju kvalitete in uspešnosti odločitev.

Takšni programi lahko pomagajo odločevalcem na najrazličnejše načine. Že to, da hranijo podatke in so jih sposobni poiskati, ko jih uporabnik potrebuje, lahko pomaga pri odločanju. S podatki lahko tudi računajo, na primer združujejo (agregirajo) v različne statistične kazalnike, kot so vsota, srednja vrednost in trend. Ponudijo lahko številne metode in tehnike za pregledovanje in analiziranje podatkov. Podatke in izračune lahko uredijo in prikažejo v obliki poročil, vrtilnih tabel ali grafikonov. V podatkih lahko iščejo vzorce ali zakonitosti in jih izrazijo z različnimi modeli. Omogočajo uporabo različnih modelov za razvrščanje podatkov in vrednotenje alternativ. Rešitve odločitvenih problemov pomagajo iskati s pomočjo optimizacijskih ali simulacijskih modelov ter z logičnim sklepanjem na osnovi podanih odločitvenih pravil. Omogočajo povezovanje različnih informacijskih virov in z ustreznimi komunikacijskimi sredstvi podpirajo sodelovanje odločevalcev in odločitvenih skupin. Gre torej za zelo široko in raznovrstno paletu računalniških orodij in pristopov. Ti lahko vključujejo tudi metode odločitvene analize.

Sisteme za podporo odločanja v splošnem delimo glede na prevladujoče področje oziroma komponento, s katero s ukvarjajo: podatki, modeli, procesi ali komunikacije [7]. Poleg tega obstajajo tudi tako imenovani generatorji, ki omogočajo razvoj namenskih sistemov za podporo odločanja. Med sisteme za podporo odločanja uvrščamo tudi razne bolj ali manj specializirane informacijske sisteme [9], kot so upravljalski informacijski sistemi (angl. Management Information Systems, MIS), direktorski informacijski sistemi (Executive Information Systems, EIS), geografski informacijski sistemi (GIS), sistemi tipa OLAP (On-Line Analytical Processing), sistemi za odkrivanje znanja (Knowledge Discovery Systems) in nekateri tipi ekspertnih sistemov (Expert Systems, ES).

V skupino sistemov za podporo odločanja sodijo tudi sistemi za podporo skupinskega odločanja (angl. Group DSS) in sistemi za podporo skupinskega dela (Group Support Systems, GSS). To so interaktivni računalniški programi, ki omogočajo reševanje nestrukturiranih odločitvenih problemov, pri katerih sodeluje več odločevalcev, ki delujejo v skupini. Takšni sistemi pomagajo skupinam pri analizi odločitvenega problema in iskanju možnih rešitev. Pri tem morajo poleg podatkov in modelov upoštevati in podpreti tudi dinamiko skupinskega

odločanja. Za to ponujajo programe, ki omogočajo medsebojno sodelovanje, usklajevanje in komunikacijo med udeleženci, na primer prek elektronske pošte, sistemov za posredovanje sporočil ali videokonferenc.

## 6 ZAKLJUČEK

Računalnik je zmogljivo orodje, s katerim si lahko pomagamo tudi pri reševanju bolj ali manj zahtevnih odločitvenih problemov. Pomoč pa je učinkovita le, če dobro poznamo konkretni odločitveni problem in njegove lastnosti ter se zavedamo zmožnosti, ki jih ponujajo sodobni sistemi za podporo pri odločanju. V tem prispevku smo predstavili pogled na odločanje, ki ga ima nanj večina tehnično-računalniških disciplin. Te razumejo odločanje kot celovit proces pridobivanja, preverjanja, modeliranja in uporabe znanja, ki vodi do odločitve in naprej do njene realizacije. Odločitveni problemi se med seboj razlikujejo po številnih lastnostih, ki jih je potrebno upoštevati pri njihovem reševanju in računalniški podpori.

Odločitvena analiza temelji na izdelavi odločitvenih modelov, s katerimi vrednotimo, razvrščamo in analiziramo odločitvene alternative. Zahteva pazljivo preučevanje in razgradnjo odločitvenega problema, obenem pa izboljšuje dokumentiranost in preglednost odločitvenega postopka.

Sistemi za podporo pri odločanju so specializirani informacijski sistemi, ki pomagajo uporabnikom pri reševanju odločitvenih problemov na različne načine: s podatki, grafikoni, različnimi analizami. Poleg podatkov praviloma vsebujejo tudi odločitvene modele in spodbujajo komunikacijo odločevalcev med seboj in z drugimi udeleženci odločitvenega procesa.

## LITERATURA

- [1] Bohanec, M. (2006): *Modeli in odločanje*. DMFA – založništvo, Ljubljana, 2006.
- [2] Bohanec, M.: *IJS decision support resources*. Spletna stran <http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/mare.html>
- [3] Clemen, R. T. (1996): *Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis*. Duxbury Press.
- [4] French, S. (1986): *Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality*. Ellis Horwood Halsted Press.
- [5] Kepner, C. H., Tregoe, B. B. (1981): *The New Rational Manager*. Princeton Research Press.
- [6] Omladič, V. (2002): *Matematika in odločanje*. DMFA – založništvo, Ljubljana.
- [7] Power, D.J. (2002). *Decision support systems: concepts and resources for managers*. Westport, Conn., Quorum Books.
- [8] Skinner, D. C. (1999): *Introduction to Decision Analysis*. Probabilistic Publishing.
- [9] Turban, E., Aronson, J., Liang, T.-P. (2005): *Decision Support Systems and Intelligent Systems*. Seventh Edition, Prentice Hall.