

POLKVANTITATIVNO MODELIRANJE KOT PODPORA UČENJA Z RAČUNALNIKOM

Radovan J. Slanc
KORAK, Računalniški inženiring, d.o.o., Veliki vrh pri Litiji 40a, 1270 Litija
tel. 061 883 261

Povzetek

Prispevek obravnava možnost, da v računalniško podprtem procesu učenja sami izdelamo model, ga preizkusimo in ob tem potrjujemo svoja spoznanja, dodajamo nova ali pa jih revidiramo - torej se učimo. Uporaba polkvantitativnega modeliranja je prikazana na dveh primerih. Pri tem je pomemben obravnavani pristop uporabe polkvantitativnih modelov, ki omogočajo preizkušanje modelov, ne da bi bili za to potrebni podatki za vrednosti parametrov, kar je zahteva pri kvantitativnem modeliranju.

Abstract

The paper addresses the possibility of building and testing a model, and thereby confirming, increasing, or revising our knowledge, all of which are elements of a learning process. Two examples of semi-quantitative models are presented in the paper, explaining the approach of implementing semi-quantitative models that allow model testing without particular values of parameters at the same time, which is a requirement in quantitative modeling.



Uvod

Sodobne razvojne smeri na področju učenja poudarjajo konstruktivističen pristop in usmeritev k reševanju problemov. V strokovnih krogih je že od časov uvajanja računalnikov v učilnice prisotna dilema, ali računalnik v resnici lahko pripomore pri učenju. Če učenje razumemo kot proces, katerega cilj je povečati količino relevantne informacije ali pridobitev neke spretnosti, tedaj je očitno, da vsak računalnik v učilnici še ne pomaga pri učenju. Za povečevanje količine informacije je potrebno dvoje: uporabiti moramo ustrezen model, ki ga preizkušamo z relevantnimi podatki. Avtor je prepričan, da je šele področje modeliranja z računalnikom tisti kvalitativni skok, ki opravičuje sintagmo *učenje z računalnikom*.

Naraščajoči pomen izdelave in uporabe modelov na poslovnem področju, v industriji ter v raziskovalni sferi opozarja, da bi morali morda učenci že v šoli razumeti in razvijati potrebne spretnosti za izdelavo in uporabo različnih modelov. Modeliranje z računalnikom lahko bistveno poveča zanimanje za učenje in tudi uspeh učenja. Aktivnosti pri modeliranju lahko pomagajo pri razvoju mišljenja in spretnosti, ki so sicer potrebne za reševanje povsem drugačnih problemov in vodijo k boljšemu razumevanju materije, saj moramo svoje znanje pri razvijanju in preizkušanju modelov selekcionirati vedno znova, ga prestrukturirati ter kritično oceniti.

Prispevek je nastal na primeru uporabe računalniškega programa za polkvantitativno modeliranje, ki ga je razvilo podjetje, kjer je avtor zaposlen. Posebne pozornosti je vredno dejstvo, da je takih programov le malo in še ti se uporabljajo v glavnem v ustanovah, ki so jih razvile. Avtor ne pozna nobenega takega programa, ki bi se uporabljal v Sloveniji.

Učenje z računalnikom

Za učenje, pa tudi za splošno uporabo računalnikov velja, da so navodila koristna zgolj omejeno. V psihološki teoriji pa vendar najdemo nekaj opornih točk, ki jih lahko uporabimo pri pripravi programov za potrebe učenja:

- učenje ni enoten proces, na tem področju je dovolj prostora za cel spekter pristopov;
- področja in nivoji znanja se glede na namen in cilje bistveno razlikujejo po strukturi in zahtevnosti;
- učenci se razlikujejo po sposobnostih, strategiji in stilu, zato naj učenje upošteva tudi cilje in kontekst.

Kako se učimo in katere spoznavne zmožnosti pri tem uporabljamo, je odvisno od konkretne učne situacije. Učenje zajema dejavnosti iz širokega seznama, ki so lahko aktivne, pasivne, ustvarjalne, odzivne, usmerjene, raziskovalne in še kaj bi lahko navedli. Učenje in

pripomočki, ki ga podpirajo, se morajo skladati s konkretno nalogo. Učenčevi cilji, predstave in akcije so močno povezani z obliko učnega gradiva in načinom njegovega posredovanja. Spoznavne aktivnosti so razpete med učencem in gradivom.

Splošne značilnosti učenja terjajo tudi pri učenju z računalnikom upoštevanje natančno določenih učnih zahtev. Vedeti je treba, kateri so učni cilji, ki jih mora učenec doseči, kakšen je odnos med izbranim področjem in učnimi aktivnostmi, kakšne so razlike med učenci. Le tako je mogoče zagotoviti strukture in pripomočke, ki ustrezajo učnim zahtevam. Pri učenju z računalnikom lahko učne zahteve povežemo z različnimi pripomočki (orodji), ki variirajo v okviru treh dimenzij, t.j. nadzora, zaposlenosti in sinteze. Nadzor se nanaša na stopnjo, do katere je učencu prepuščeno izbiranje gradiva, posamezne učne aktivnosti ali strategije. Zaposlenost obsega napor, ki ga zahteva od učenca aktivna predelava določene učne sekvence. Sinteza opisuje značaj učne aktivnosti: ali le-ta zahteva od učenca namesto opazovanja pripravo gradiva in ugotovitev odnosov. Zadnji dimenziji sta povezani, saj kreativne naloge v splošnem zahtevajo aktivno zaposlenost, čeprav obratno ne velja.

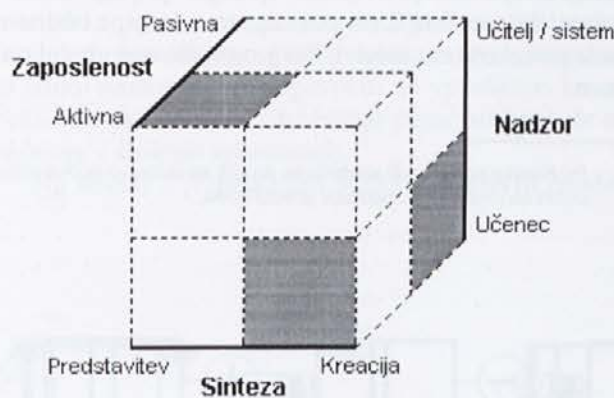


Diagram 1: Tri dimenzije učenja

V diagramu 1 se klasično računalniško podprto izobraževanje, ki omogoča samo pregledovanje učnih sekvenc, nahaja v spodnjem levem segmentu, cilj pa je, da bi se težišče premaknilo v področje kreacije.

O koristi učenja z računalnikom ne kaže dvomiti, vendar so učinki večinoma prehodni, zunanji in se zlahka pozabijo. Zanimivost in atraktivnost dejavnosti pri učenju z računalnikom pomenita le del odgovora na vprašanje, kaj in kako narediti, da bodo učinki boljši. Temeljito učenje se dogaja brez stroja, torej takrat, ko učenec o gradivu razmišlja, o njem razpravlja, piše ali ga poskuša razložiti drugim. Oblikovalec učenja z računalnikom mora razumeti, da dejansko oblikuje učne

aktivnosti in posreduje izkušnje. Upoštevanje estetskih meril in kulturne tradicije je pri tem še kako pomembno. Poudarek mora biti na učencu, ki aktivno organizira svoje znanje in ne opazuje zgolj strukture znanja drugih relativno pasivno. Vsakdo mora zgraditi svoje znanje sam. Glagol "raziskovati" ima dve konotaciji: prva je aktivnost, druga pa samousmerjevanje. Oboje je vznemirljivo. Izredno močna motivacija je tudi občutek lastništva nad rezultatom.

Pri osvajanju nekega področja so zaporedja - prej ali slej - večinoma znana: pri učenju matematike se je na primer treba naučiti algebro pred analizo in aritmetiko pred algebro. Vendar: kaj pomeni obvladati neko področje? Kako to stanje doseči? Pri tem ne gre za linearno zaporedje, kot se zdi na prvi pogled. To je celo življenjske dolga sprememba razumevanja struktur in dejstev, pa njihove kompleksne povezanosti, dopolnjena s čustvi, občutki, spomini in prisposodobami.

Učenje z računalniškimi orodji za modeliranje

Razlikujemo dva načina uporabe orodij za modeliranje. Raziskovalni način dovoljuje, da raziskujemo pogled učitelja ali drugega mentorja na obravnavano področje, pogled, ki se pogosto lahko bistveno razlikuje od naših spontan predstav o področju, izrazni način pa dovoljuje predstavitev različnih vidikov lastnih predstav o področju, njihovo raziskavo in razmišljanje o teh predstavah. Orodja za računalniško modeliranje, s katerimi želimo podpreti učenje, naj podpirajo tri osnovne načine razmišljanja: *kvantitativno*, *kvalitativno* ter *polkvantitativno* razmišljanje.

Uporaba enih ali drugih orodij sloni na problemih, ki izvabljajo in spodbujajo konkreten način razmišljanja. Ko govorimo o načinu razmišljanja, ki je pomembno za učenje, dejansko govorimo o interakciji med problemom in orodjem, kjer orodje vsebuje ali dovoljuje izraz situacije (model) v določenem načinu, spoznavna faza pa zahteva uporabo istega načina razmišljanja.

Kvantitativno modeliranje

Kvantitativno modeliranje zajema vrsto vidikov od prepoznavanja preprostih numeričnih odnosov, od dela s skupinami števil, primerjanja velikosti in množin do manipuliranja algebrskih relacij. Rešitev problema lahko daje odgovor na vprašanje, kako vpliva povečanje neke količine za podano vrednost na drugo količino ali na več količin. Drugi kvantitativni problemi vsebujejo vprašanja o možnih vrednostih spremenljivk, če so podane omejitve za nekatere od njih. Situacije problemorodje so lahko omejene na kvantitativno modeliranje sistemov, katerih elemente povezujejo enostavne algebrske relacije (+, x, -, /), kar omogoča konstruiranje in

manipuliranje algebraskih odnosov med spremenljivkami.

Kvalitativno modeliranje

Kvalitativno modeliranje pomeni razlikovanje kategorij in odločanje o njih. Lahko zahteva upoštevanje vrste izborov ali odločitev ter njihovih posledic, ob podanem cilju pa formuliranje potrebnih akcij za doseg tega cilja. Kvalitativno modeliranje utegne zahtevati zapisovanje podatkov, upoštevanje alternativ, tehtanje vrednosti v evidencah, ocenjevanje posledic, če se izpolni določeni pogoj. Kvalitativne kombinacije problem-orodje lahko zadevajo problematične situacije, možne akcije ter situacije, ki so lahko posledica določenih akcij.

Polkvantitativno modeliranje

Prej omenjena načina ne upošteva nekaterih pomembnih vidikov razmišljanja, še posebej ne takih, kjer je v kompleksnih sistemih znana velikost in smer učinka ene komponente sistema na preostali del sistema. Izsledki o miselnih modelih kažejo, da je to, kar pogosto imenujemo kvalitativno, v resnici *polkvantitativno* razmišljanje: to pomeni, da razumemo ali vidimo, kako sprememba parametra ene komponente sistema dinamično vpliva na spremembo druge, kar lahko vpliva še na druge dele sistema, ki končno lahko povratno vplivajo na izhodiščne veličine. Polkvantitativno razmišljanje je pri večini odraslih ljudi običajno, če so soočeni s kompleksno situacijo.

Vrste orodij za modeliranje z računalnikom

Računalniška orodja za kvantitativno modeliranje v raziskovalnem načinu so: simulacije, v izraznem načinu pa preglednice in sistemi za modeliranje. Orodja za kvalitativno modeliranje za raziskovalno učenje lahko zajemajo ekspertne sisteme, odločitvene igre, programe, ki pregledujejo logične trditve, podatkovne baze in nekatere simulacije. Kvalitativna orodja za izrazno učenje pa so npr.: programi za izdelavo zgodb, lupine za avanturne igre, lupine za baze podatkov in lupine za ekspertne sisteme.

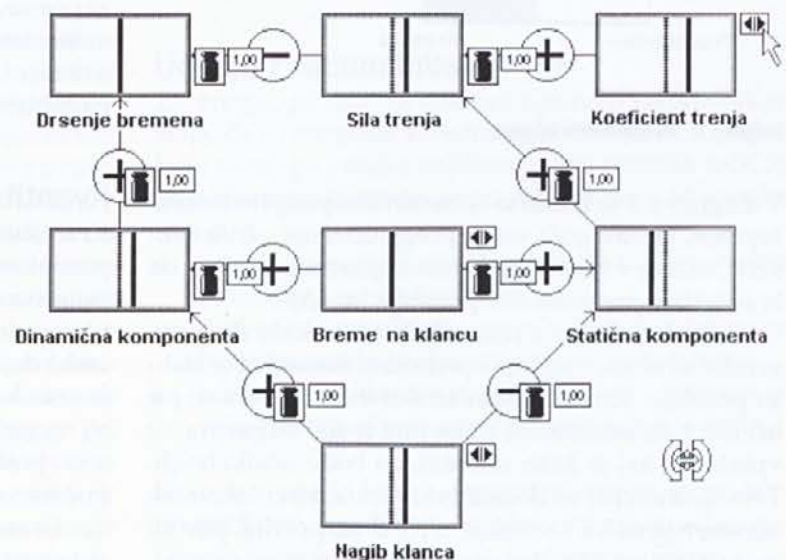
Prototipno orodje za polkvantitativno modeliranje

Pri raziskovalnem načinu učenja ima vrsta simulacij, kjer lahko sprašujemo za "več" ali "manj" neke količine, *polkvantitativno*

lastnost, kar pomeni, da ne ugotavljamo zgolj obstoja neke veličine (kvaliteta), hkrati pa tudi ne ugotavljamo vrednosti spremenljivk (kvantiteta). To lastnost uvedemo zato, da poenostavimo simulacijo, vendar pa lahko pomaga usmeriti pozornost na bistvo odnosov, ne da bi vpletali kompleksnost natančnih odnosov. Računalniških programov, ki bi omogočali razvijanje polkvantitativnih modelov in njihovo preizkušanje, je v primerjavi s tistimi za drugi dve vrsti modeliranja izjemno malo in njihova uporaba je omejena pretežno na laboratorije šol, ki so jih razvile.

O računalniških programih za polkvantitativno modeliranje pred uvedbo zmogljive žive računalniške grafike ni bilo mogoče resno razmišljati. Računalniški programi z grafičnimi vmesniki, kjer za rokovanje lahko uporabimo ikone, ki so osnovni pripomočki za konstrukcijo modelov, pa že omogočajo dovolj dobro osnovo, da izdelamo orodje za modeliranje, ki se ga lahko hitro naučimo uporabljati ter zlahka prodremo v njegovo bistvo¹. Z orodjem lahko na ekranu predstavimo sistem spremenljivk, ki vplivajo druga na drugo tako, da specificiramo odnose med njimi. Spremenljivke so predstavljene z okviri, odnosi med njimi pa s puščicami in predznaki. Program dovoljuje tudi animacijo, ki omogoči, da se spremembe veličin odrazijo na modelu takoj, torej v realnem času. Animacijo upravljamo sami s tem, da spreminjamo parametre, s tem pa obenem tudi preizkušamo model, kar je seveda naš glavni namen.

¹ Pri Koraku smo razvili prototipno orodje za izdelavo polkvantitativnih računalniških modelov (EdusPKVN).



Shema 1: Polkvantitativni model bremena na strmini

Orodje ima razmeroma skromen nabor grafičnih elementov (okvir, utež, znak +/-, ura, polkrožni puščici), s katerimi pa lahko gradimo zelo zapletene modele, ki so ustrezna preslikava realnih ali abstraktnih sistemov. Trenutno vrednost spremenljivke kaže položaj pomičnega kazala v pravokotniku. Vse spremenljivke imajo lahko polkvantitativno vrednost pod ali nad normalo, ki je označena črtkano. Spremenljivka funkcijsko vpliva na spremenljivko, s katero je povezana s puščico - povečuje ali znižuje njeno vrednost glede na predznak povezave (pozitivno, negativno). Spremenljivko lahko določimo kot neodvisno ali odvisno. Na vrednost neodvisnih spremenljivk lahko vplivamo tako, da premikamo kazalo.

Polkvantitativni model bremena na strmini nazorno kaže zamisel izvedbe in preizkusa modela. Ciljna funkcija je tako stanje sistema in vrednosti parametrov, da breme ne zdrsne s klanca. Začetno stanje, ko so vse vrednosti normalne, kar pomenijo srednje črtkane črte v okvirjih, pomeni sistem, ki je v ravnotežju. Normalna vrednost je lahko na levi, v sredini ali na desni strani okvirja pač odvisno od tega, katero vrednostno območje glede na ravnotežno stanje raziskujemo. Če eno od neodvisnih spremenljivk (v shemi 1 so to *breme na klanca*, *koeficient trenja* in *nagib klanca*) premaknemo iz trenutnega položaja, sprememba vpliva na vse spremenljivke, ki so z njo povezane. S polkvantitativnim modelom je na ekranu možno analizirati vse situacije, ki lahko nastopijo, in odgovoriti na vprašanje, kaj je potrebno ukreniti za vzdrževanje ciljne funkcije, če se razmere v sistemu spremenijo.

Na shemi 2 je prikazan polkvantitativni model

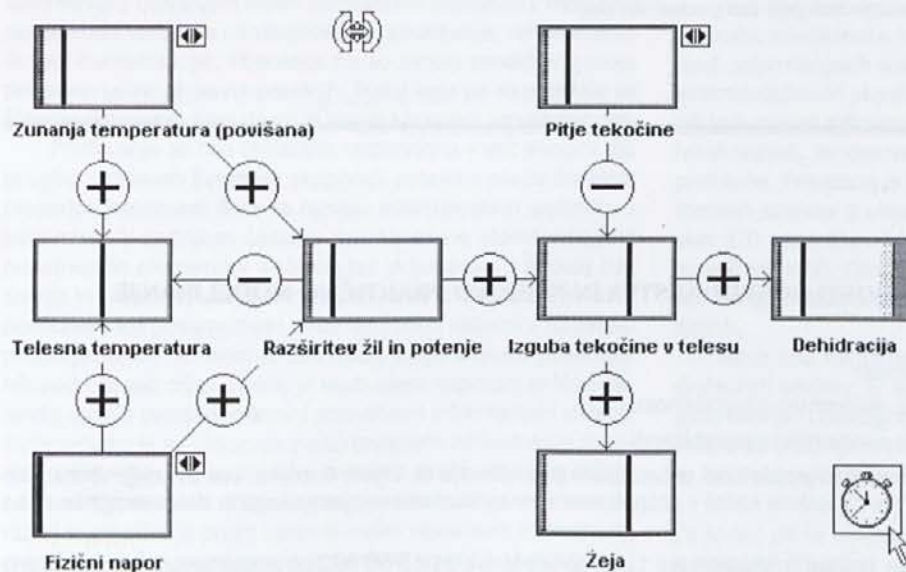
vzdrževanja telesne temperature. Na povišanje zunanje temperature se telo odzove z razširitvijo podkožnih žil in potenjem. Telo tako vzdržuje normalno temperaturo. Potenje povzroča izgubo tekočine v telesu. Zunanji znak je žeja. Izguba tekočine nadomeščamo s pitjem tekočine. Če je izguba tekočine prevelika - tekočino porabimo in je ne nadomestimo - preide telo v stanje dehidracije, ki se lahko konča ireverzibilno.

Kot je razvidno iz drugega primera, je obravnavani sistem lahko dokaj kompleksen. Jakost povezave med spremenljivkami je lahko različna. Spremenljivki je mogoče dodati časovno funkcijo za avtomatično spreminjanje vrednosti (kontinuirane posledice neke diskretne situacije), prav tako pa tudi zakasnitev (rezervo) in področje ireverzibilnosti. Parametre sistema lahko po želji tudi spremenimo. V drugem primeru je spremenljivki *izguba tekočine v telesu* dodana časovna funkcija, spremenljivki *dehidracija* pa zakasnitev (rezerva). V obeh prikazanih primerih najlepša lastnost opisanega računalniškega orodja, to je prav animacija modela, na papirju ne more biti prikazana; v resnici se šele na računalniku pokaže vsa uporabnost orodja.

Ko model razvijamo, lahko določene elemente kot na primer jakost povezav, časovno funkcijo in zakasnitev skrijemo, če to pripomore k preglednosti in enostavnejši shemi ob nezmanjšani funkcijski veljavnosti modela. Prav tako lahko skrijemo predznake na povezovalnih črtah. Celotni sistem deluje kot animacija: ko spreminjamo eno, lahko opazujemo spreminjanje vseh drugih spremenljivk. Orodje je enostavno in uporabno pri obeh načinih učenja, t.j. pri raziskovalnem in pri izraznem načinu.

Zaključek

S pričujočim prispevkom smo želeli pokazati, da računalniško podprto učenje v resnici lahko pomembno vpliva na osnovni namen učenja, to je pridobivanje relevantnih novih spoznanj na osnovi izkušenj. Ponavljanje tujih spoznanj nas sili v to, da verjameмо drugim, lastne izkušnje pa omogočijo, da vemo, in vedeti je bolje kakor verjeti. Lastne izkušnje imajo še eno dragoceno prednost pred tujimi: manj verjetno je, da bomo pozabili to, kar smo doživeli, in bolj verjetno je, da bomo pozabili tisto, kar smo prebrali ali slišali. Razvijanje računalniških modelov in njihovo



Shema 2: Polkvantitativni model vzdrževanja telesne temperature

preizkušanje je pri učenju dragoceno, ker je prej na strani pridobivanja izkušenj kot na strani privzemanja tujih spoznanj. Računalniški program, ki to omogoča, lahko v šolah, ki so opremljene z računalniki, nadomesti marsikatero specialno učilnico ali laboratorij ob praktično zanemarljivih stroških. Pomembno pri tem je, da njegova uporaba ni omejena na fizikalne ali biološke procese; ta dva primera sta uporabljena le zaradi nazornosti.

Vsak proces, ki ga lahko opišemo kot končni sistem med seboj povezanih spremenljivk, lahko preslikamo tudi v (polkvantitativni) model. Nujna posledica te lastnosti v prispevku opisanega računalniškega orodja za polkvantitativno modeliranje pa je seveda njegova bistveno širša uporabnost. Kadarkoli se o čem odločamo, vedno pridemo do tega, da moramo imeti model in podatke. Pri poslovnih odločitvah navadno podatke imamo, pogosto pa nimamo modela, ki bi ga s podatki preizkusili, skoraj nikoli pa nimamo orodja, s katerim bi lahko model izdelali sami v kratkem času in ga v kratkem času tudi preizkusili. Tak primer v članku sicer ni obdelan, je pa z opisanim programom avtor obravnaval tudi nekaj poslovnih procesov in je prepričan, da je uporaben tudi za ta namen.

Viri:

A. Literatura

1. Osbourne, R., Gilbert, J.,
The use of models in science teaching.
School Sci. Rev. No. 62 (1982)

2. Meehan, E. J.,
The Thinking Game (A Guide to Effective Study).
Chatham House Publishers, Inc. Chatham, New Jersey (1988)
4. Riley, D.,
Learning about systems by making models.
Computers and Education 15, pp. 255-262 (1990)
5. Schlamberger, N.,
Računalnik in pomoč pri odločanju, Uporabna informatika, 1994 št. 2, (str. 36 - 38), ISSN 1318-1882

B. Prototipno orodje - ideje in realizacija

1. Kuipers, B.,
Commonsense reasoning about causality: deriving behaviour from structure.
Tufts University Working Papers. *Cognitive Science, No. 18 (1982)*
2. Forbus, K. D.,
Qualitative reasoning about space and motion.
Mental Models (Gentner D./Stevens A.), pp. 53-74. Erlbaum, Hillsdale, N.Y. (1983)
3. de Kleer, J., Brown, J. S.,
Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models.
Mental Models (Gentner, D./Stevens, A.), pp. 155-190. Erlbaum, Hillsdale, N.Y. (1983)
4. Roberts, N., Anderson, D., Deal, R., Garet, M., Shaffer, W.,
Introduction to Computer Simulation.
Addison-Wesley, New York (1983)
5. Barstow, D. R., Shrobe, H. E., Sandewall, E.,
Interactive Programming Environments.
McGraw-Hill Book Company (1986)

- ### C. Prototipno orodje za izdelavo polkvantitativnih računalniških modelov
- EdusPKVN (© Korak d.o.o)

Radovan J. Slanc se je pričel ukvarjati z računalništvom po študiju strojništva v začetku sedemdesetih let najprej v upravnih organih. Leta 1974 se je zaposlil v Ruchniku lignita Velenje in leta 1979 v podjetju ERA Velenje kot vodja službe za AOP. Leta 1993 je ustanovil podjetje za računalniški inženiring KORAK. Njegove strokovne izkušnje obsegajo tudi pedagoško delo.

Slovensko društvo INFORMATIKA

Sekcija za operacijske raziskave

Viljem Rupnik:

TEORIJA FAKTORJEV INTEGRABILNOSTI GOSPODARSTVA IN NJIHOVO PRAKTIČNO MODELIRANJE

Delo je razdeljeno v tri knjige:

- I. Osnove teorije ekonomske integrabilnosti
- II. Diagnostika horizontalne in vertikalne ekonomske integrabilnosti
- III. Prognoza horizontalne in vertikalne ekonomske integrabilnosti

Delo je nastalo kot eno od pomembnejših življenjskih del univerzitetnega profesorja dr. Viljem Rupnika. Vse tri knjige uporabljajo metode operacijskih raziskav in so zanimive za vodilne kadre v gospodarstvu ter za študente magistrskega in doktorskega študija s področja operacijskih raziskav.

Delo lahko naročite v tajništvu društva, Ljubljana, Vožarski pot 12 ali po telefonu 061 12 55 322 pri gospe Tatjani Šeremet. Cena za vse tri knjige skupaj je SIT 20.000. Dobava v roku 14 dni po prejemu naročila in plačila na žiro račun št. 50101-678-51841.