

S A D R Ź A J

Sadržaj	2
Pregled slika i tabela u radu	5
Rezime	7
Abstract	8
1. UVOD	9
2. RAZLOZI ZA PRIMENU EKSPERTNIH SISTEMA U TEHNICI GREJANJA, VENTILACIJE I KLIMATIZACIJE I SADAŠNJA PODRUČJA PRIMENE EKSPERTNIH SISTEMA U OVOJ OBLASTI	10
2.1. Energetska efikasnost	11
2.2. Potreba za očuvanjem energije	11
2.3. Korištenje otpadne toplote	12
2.4. Ekspertni sistemi kao pomoć prilikom konfigurisanja sistema grejanja i klimatizacije	13
2.5. Primena ekspertnih sistema u održavanju-informacioni sistem održavanja	13
3. OPIS PREDMETA IZUČAVANJA	14
3.1. Ekspertni sistemi	14
3.1.1. Veštačka inteligencija	14
3.1.2. Ekspertni sistemi	15
3.1.2.1. Glavne karakteristike ekspertnog sistema	16
3.1.2.2. Prednosti ekspertnih sistema	17
3.1.2.3. Nedostaci ekspertnih sistema	17
3.1.2.4. Komponente i način rada ekspertnih sistema	17
3.1.2.5. Stvaranje i razvoj ekspertnih sistema	18
3.1.2.6. Prikupljanje i ugradnja znanja eksperta u program	19
3.1.2.6.1. Koraci u prikupljanju znanja za ES	19
3.1.2.7. Znanje i metode za predstavljanje znanja	20
3.1.2.7.1. Sheme za prikaz znanja	20
3.1.2.7.1. Predstavljanje znanja u bazi znanja ES	20
3.1.2.8. Područja primene ekspertnih sistema	21
3.1.2.8.1. Domeni primene ekspertnih sistema	21
3.1.2.8.2. Tipovi problema koji se rešavaju ekspertnim sistemima	22
3.1.3. Teorijska osnova ES, čija je primena u grejanju i klimatizaciji predmet izučavanja u četvrtom delu rada	22
3.1.3.1. ES bazirani na pravilima (Rule-based ES)	22
3.1.3.1.1. Prednosti ekspertnih sistema baziranih na pravilima	23
3.1.3.1.2. Nedostaci ekspertnih sistema baziranih na pravilima	24
3.1.3.1.3. ES bazirani na pravilima, sa nizanjem unazad	24
3.1.3.1.4. ES bazirani na pravilima, sa nizanjem unapred	24
3.1.3.2. Semantičke mreže	25
3.1.3.3. Fuzzy logika	26
3.1.3.3.1. Neizraziti skupovi (Fuzzy sets)	26

3.1.3.4. Neuronske mreže	27
3.1.3.4.1. Osobine neuronskih mreža	29
3.1.3.4.2. Topologija mreže	29
3.1.3.4.3. Struktura slojeva	30
3.1.3.4.4. Jedinice	30
3.1.3.4.5. Vrste neuronskih mreža	30
3.1.3.4.6. Stanja	30
3.1.3.4.7. Threshold	30
3.1.3.4.8. Kontrola toka u mreži	31
3.1.3.4.9. Feed-forward i recurrent networks	31
3.1.3.4.10. Model neurona	31
3.1.3.4.11. Tipovi aktivacionih funkcija	31
3.1.3.4.12. Obučavanje neuronskih mreža	33
3.1.3.5. Razvoj ekspertnih sistema	34
3.1.3.5.1. Načini izgradnje ekspertnih sistema	34
3.1.3.5.2. Alati (ljuske) za razvoj ekspertnih sistema	34
3.2. Sistemi grejanja, klimatizacije i ventilacije	34
3.2.1. KGH sistemi (klimatizacija, grejanje i hlađenje)	34
3.2.1.1. Grejanje	35
3.2.1.2. Ventilacija	35
3.2.1.3. Klimatizacija	36
3.2.1.4. Termostati	37
3.2.2. Klimatizacija u širem smislu	37
3.2.2.1. Namena klimatizacionih sistema	37
3.2.2.2. Podela klimatizacionih sistema	38
3.2.2.3. Kriteriji za izbor sistema klimatizacije	38
4. NEKI OD EKSPERTNIH SISTEMA, PRIMENJENIH NA REŠAVANJE ZADATAKA U TEHNICI GREJANJA I KLIMATIZACIJE	39
4.1. Metodološke napomene	39
4.2. Semantička mreža za područno znanje Toplotni komfor (sistem TEx-Sys)	40
4.2.1. Četiri vrste ugodnosti	40
4.2.2. Područno znanje Toplotni komfor i razvoj baze znanja	41
4.2.3. Opis pojedinih čvorova baze znanja	41
4.2.3.1. Termoregulacioni sistem čoveka	41
4.2.3.2. Toplotna neutralnost	42
4.2.3.3. Jednačina komfora	42
4.2.3.4. Generacija toplote u čoveku	43
4.2.3.5. Prolaz toplote kroz odeću	43
4.2.3.6. Srednja temperatura zračenja	44
4.2.3.7. Nejednolika raspodela temperature	46
4.2.3.8. Asimetrična polja radijacije	46
4.2.3.9. Temperatura poda	46
4.2.3.10. Vertikalna razlika temperature vazduha	47
4.2.3.11. Propuh	47
4.2.3.12. PMV-indeks	47

4.2.4. Baza znanja Toplotni komfor u sistemu Tex-Sys	49
4.3. Primena ekspertnog sistema prilikom konfigurisanja sistema grejanja i klimatizacije / Select-HVAC (Knowledge-based system)	52
4.3.1. Konfiguracija HVAC opreme	52
4.3.2. Arhitektura Select-HVAC sistema	55
4.3.2.1. Strukturalna domenska ekspertiza (semantička mreža)	55
4.3.2.2. Proceduralno znanje (demoni)	56
4.3.2.3. Kontrolno znanje (LISP funkcije)	56
4.4. Primena ekspertnih sistema u otkrivanju i dijagnostifikovanju grešaka u rashladnoj i klimatizacionoj tehnici - FDD sistemi	56
4.4.1. Ekspertni sistemi u FDD	57
4.5. Mogućnosti primene neizrazite logike u sistemima regulacije i upravljanja	61
4.5.1. Neizrazita logika	61
4.5.1.1. Neizraziti skup i funkcija pripadnosti	61
Primer 1: Matematički opis ljudske percepcije temperature okoline	62
4.5.1.2. Operacije nad neizrazitim skupovima	63
4.5.2. Neizraziti sistemi	65
Primer 2: Neizraziti regulator temperature i vlažnosti vazduha	65
4.6. Inteligentni regulatori	67
4.6.1. Inteligentni regulatori na bazi neuronskih mreža (NN-regulatori)	67
4.6.2. Inteligentni regulatori na bazi fuzzy logike (TCL-based fuzzy controllers)	70
4.7. Razvoj ekspertnih sistema u grejanju, ventilaciji i klimatizaciji (VP-Expert)	72
4.7.1. Opis VP-Experta	72
4.7.2. Lančano zaključivanje unazad	73
4.7.3. Blok dijagram sistema	74
4.7.4. Ciljevi istraživanja	74
4.7.5. Izgledi nekih od ekrana	76
4.7.6. Primer analize jednog od setova rezultata iz prvog modula ekspertnog sistema (Modul 1: Korištenje otpadne toplote)	78
4.7.7. Blok dijagram i izgledi nekih of karakterističnih ekrana za Modul 2 (Modul ES za toplotno opterećenje prostora)	80
4.7.8. Blok dijagram i izgledi nekih of karakterističnih ekrana za Modul 3 (Modul ES za rashladno opterećenje prostora i korištenje ekonomizatora klima uređaja)	83
4.7.9. Delovi izvornog koda ekspertnog sistema za sva tri modula	85
5. ANALIZA REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA I PERSPEKTIVA DALJEG RAZVOJA	90
6. ZAKLJUČAK	93
Literatura	94