

Kolegij: Primjena umjetne inteligencije

Izgradnja baze znanja za ekspertni sustav u ljusci ExSys

Dio koji treba napraviti najprije na papiru:

1. Definirati koja će se odluka donositi

npr.

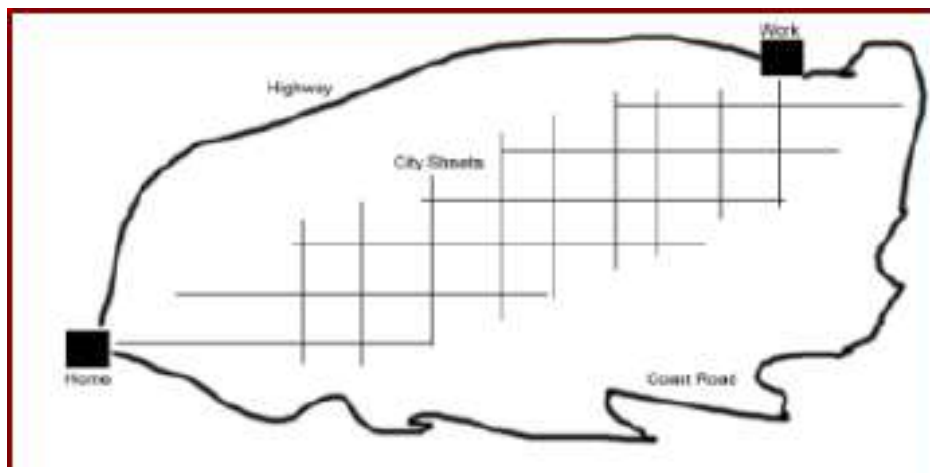
- odluka: Koji je najbolji put od kuće do posla

- moguća rješenja:

- **autoput (Highway)** – najbrži put ako nije neki zastoj u prometu, a ako je zastoj, tada je najsporiji put. Nema benzinske crpke.
- **City Streets** – gradske ulice, sporiji put, ali ima više benzinskih crpki i zaobilaznih puteva ako se dogodi neki problem na cesti.
- **Coast Road** – cesta uz obalu, ima najljepšu okolicu, otprilike treba isto vremena kao i kroz City Streets, ali nije praktična noću i po lošem vremenu zbog slabe vidljivosti.



Izvor: Exsys Quick Start Manual, 2003



Izvor: Exsys Quick Start Manual, 2003

2. Definirati osnovna pravila za bazu znanja

Za primjer izbora puta od kuće do posla, mogu se definirati sljedeća pravila:

1. Budući da treba 2 galona goriva od kuće do posla, jedini put ako nemate 2 galona goriva u rezervaru je preko City Road, jer tamo ima benzinskih crpki.
**AKO imate < 2 galona goriva
TADA je jedino rješenje City Road.**
2. Ako su uvjeti vožnje loši, Coast Road ne treba izabrati.
**AKO su uvjeti vožnje loši
TADA ne treba izabrati Coast Road.**

3. Ako želite vrlo brzo stići na posao, i ako nije prometni zastoј na autoputu, tada je Highway (autoput) rješenje. Ali, ako je zastoј u prometu na autoputu, tada Highway nije rješenje.

**AKO trebate brzo stići na posao
I na autoputu nije neki prometni zastoј,
TADA je rješenje Highway.**

**AKO trebate brzo stići na posao
I na autoputu je prometni zastoј,
TADA rješenje nije Highway**

4. Ako imate dovoljno vremena, najbolje je ići cestom Coast Road.

**AKO imate dovoljno vremena
TADA je najbolje ići putem Coast Road.**

Ova pravila potrebno je pretvoriti u oblik koji traži određeni programski alat.

3. Definirati varijable (ili attribute) za bazu znanja

Da bi se gornja pravila unijela u ljusku ekspertnih sustava, potrebno je:

- Odrediti varijable
- Upisati pravila koja povezuju varijable

Varijable mogu biti:

- **Statičke liste** – varijable čije su moguće vrijednosti dane u obliku liste mogućih opcija, kojih može biti dvije (ako su logičke vrijednosti Da ili Ne (Yes or No), ili više opcija
 - Primjeri varijable u obliku statičke liste:
 - **Varijabla: Prometni zastoј**
 - **Moguće vrijednosti: Da ili Ne**
 - ili
 - **Varijabla: Boja automobila**
 - **Moguće vrijednosti: Crvena, Žuta, Bijela, Crna, Zelena, ...**
- **Numeričke varijable** - varijable koje mogu imati neku brojčanu vrijednost, a od korisnika sustava se traži da upiše tu vrijednost)
 - Primjer numeričke varijable:
 - **Varijabla: količina goriva u rezervaru auta**
 - **Moguće vrijednosti: od 0 do n, npr. 2, 2.5,**
- **Varijable povjerenja** (eng. Confidence variables) - varijable koje opisuju opcije u odluci koju sustav treba donijeti, a vrijednosti su im najčešće: izabrati, ne izabrati, možda izabrati (ili dobar izbor, vjerojatno dobar izbor, loš izbor) ali izražene brojčano.
 - Primjeri varijabli povjerenja za odluku "Izbor puta od kuće do posla":
 - **3 varijable: autoput (Highway), City Street, Coast Road**
 - moguće vrijednosti za svaku varijablu: broj bodova u intervalu od -100 do 100, gdje negativni bodovi za neku varijablu znače da nju ne treba izabrati, dok visoki pozitivni bodovi znače da tu varijablu treba izabrati u određenom pravilu. Bodovi u vrijednosti 5 bi npr. značili da tu varijablu treba izabrati ali ne s velikom sigurnošću.

Npr. u pravilu:

AKO su uvjeti loši TADA Coast Road=-100

znači da taj put ne treba nikako izabrati ako su uvjeti na cesti loši.

AKO su uvjeti dobri TADA Coast Road=70

AKO niste u žurbi TADA Coast Road=90

Znači da taj put vrlo vjerojatno predstavlja dobar izbor ako su uvjeti dobri i ako niste u žurbi. Ukoliko su oba uvjeta zadovoljena, tada se ukupan broj bodova za varijablu povjerenja "Coast Road" računaju zbrajanjem $70+90=160$

Definiranje varijabli za primjer "Izbor puta od kuće do posla":

Pri definiranju varijabli treba početi od pravila koja su definirana u odjeljku 2. (za naš primjer definirano je 5 pravila) i postaviti pitanja koja se nameću iz pravila:

Pitanje	Varijabla koja proizlazi iz pitanja
Jesu li uvjeti vožnje loši?	UVJETI_VOŽNJE
Da li se žurimo na posao?	ZURBA
Da li je prometni zastoј na autoputu?	GUZVA
Koliko goriva imate u rezervaru?	GORIVO

Nakon toga potrebno je definirati raspon vrijednosti za svaku varijablu, npr:

Varijabla koja proizlazi iz pitanja	Moguće vrijednosti varijable
UVJETI_VOŽNJE	dobri, loši
ZURBA	da, ne
GUZVA	da, ne
GORIVO	brojčana vrijednost veća od 0

Zatim treba postaviti pitanje: Koje su moguće opcije odluke koju sustav donosi? U našem primjeru to su moguće rute od kuće do posla, pa je moguće, osim gore navedenih, definirati i

3 varijable povjerenja:

Highway

City Block

Coast Road

koje će imati vrijednosti od -100 do 100, gdje visoke negativne vrijednosti eliminiraju neki izbor, a visoke pozitivne vrijednosti govore u prilog izboru te opcije.

4. Definirati konačna IF-THEN pravila za bazu znanja

Na temelju svakog postavljenog pravila u odjeljku 2. i gore navedenih varijabli, definiraju se konačna pravila za bazu znanja:

1. Na temelju pravila:

AKO imate < 2 galona goriva

TADA je jedino rješenje City Road.

definiraju se konačna pravila:

```
IF GORIVO<2  
THEN  
    CityStreets=100  
    Highway=-100  
    CoastRoad=-100
```

```
IF GORIVO>=2  
THEN  
    CityStreets=10  
    Highway=10  
    CoastRoad=10
```

(u ovom slučaju ako je gorivo ≥ 2 , može se izabrati bilo koji put, pa je dodijeljen mali broj bodova (10) svakom putu, jer ovo pravilo neće biti eliminatorno u donošenju odluke, već će odlučiti druga pravila.)

2. Ako su uvjeti vožnje loši, Coast Road ne treba izabrati.

```
AKO su uvjeti vožnje loši  
TADA ne treba izabrati Coast Road.
```

definira se konačno pravilo:

```
IF UVJETI_VOZNJE="loši"  
THEN CoastRoad=-100
```

Budući da su loši uvjeti vožnje eliminatorni za opciju "Coast Road", dodijeljeno joj je kod ovog pravila -100 bodova. Budući da loši uvjeti vožnje ne znače puno za ostale rute, nije nužno ovdje dodijeliti vrijednosti za te rute. Nije uvijek obavezno definirati pravilo tako da ono dodjeljuje vrijednosti svim opcijama odluke.

3. Ako želite vrlo brzo stići na posao, i ako nije zastoј u prometu na autoputu, tada je Highway (autoput) rješenje. Ali, ako je zastoј u prometu na autoputu, tada Highway nije rješenje.

```
AKO trebate brzo stići na posao  
I na autoputu nije zastoј u prometu,  
TADA je rješenje Highway.
```

```
AKO trebate brzo stići na posao  
I na autoputu je zastoј u prometu,  
TADA rješenje nije Highway
```

definiraju se konačna pravila:

```
IF ZURBA="da"  
IF GUZVA="ne"  
THEN Highway=20
```

Ovdje je dodijeljena vrijednost 20 opciji "Highway" zbog toga što u ovom pravilu treba izabrati Highway, ali ovo pravilo nije jedino koje se treba pitati, nego treba poštovati i pravilo o količini goriva, koje u slučaju da nema dovoljno goriva dodjeljuje ovoj varijabli Highway -100 bodova, pa tako suma $20-100=-80$ daje ukupne negativne bodove i time odbacuje mogućnost ove rute.

Napomena: pri dodjeljivanju bodova varijablama povjerenja pazite koja pravila treba sve uzeti u obzir i koliki će biti zbroj bodova.

**IF ZURBA="da"
IF GUZVA="da"
THEN Highway=-100**

budući da je ovo pravilo eliminatorno za varijablu Highway, dodjeljuje joj se -100 bodova.

4. Ako imate dovoljno vremena, najbolje je ići cestom Coast Road.

**AKO imate dovoljno vremena
TADA je najbolje ići putem Coast Road.**

definira se konačno pravilo:

**IF ZURBA="ne"
THEN CoastRoad=20.**

dodjeljuje se 20 bodova ovoj varijabli, jer treba konzultirati i pravilo o količini goriva koje je eliminatorno.

Ovih 5 gornjih pravila unosi se u program ExSys CORVID.

Dio koji treba napraviti u programu ExSys:

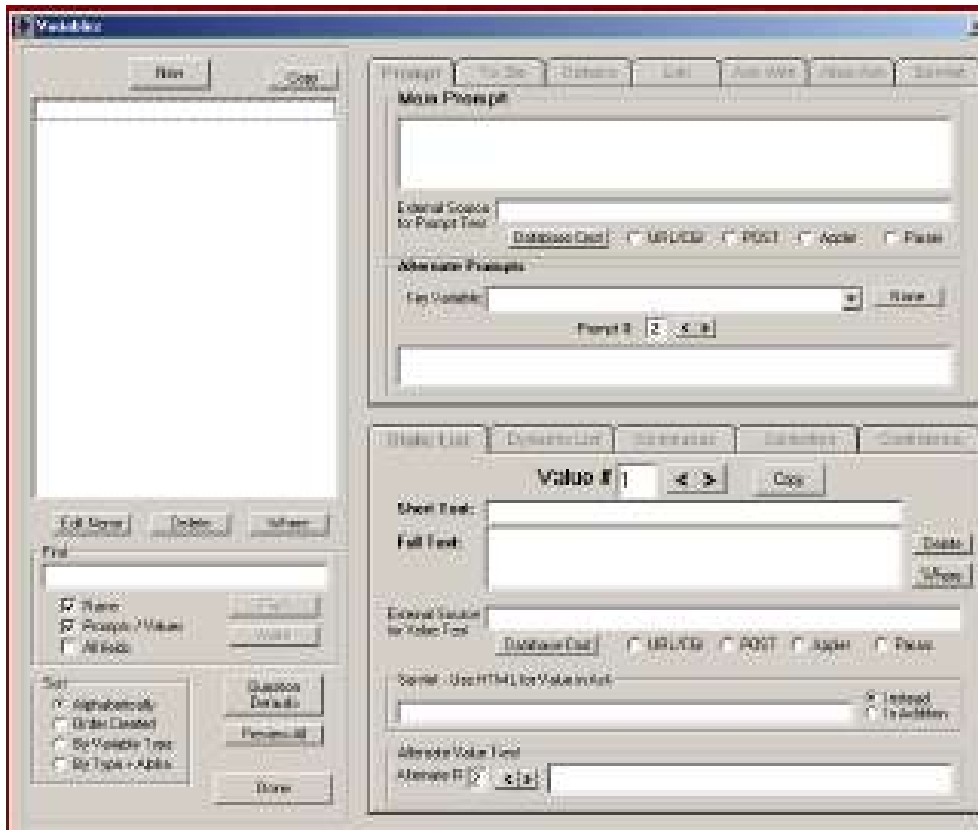
5. Unos baze znanja u sustav ExSys CORVID

A. Otvaranje novog projekta i unos varijabli

File/New – naredba za otvaranje novog projekta za novi ekspertni sustav, nakon čega se otvara nova datoteka s nastavkom .CVD

- upišite naziv projektu (jedna riječ, npr. "izbor_puta"), a program će staviti nastavak .CVD

Window/Variables – naredba za unos varijabli u bazu znanja. Varijable su temeljni građevni elementi baze znanja i u ovom se prozoru definiraju njihove karakteristike. Pojavljuje se prozor kao na donjoj slici.



Prozor za unos varijabli u programu Exsys

Postupak unosa nove varijable u prozoru **Variables**:

1. **New** – za unos nove varijable
2. **Name** – u ovo polje unijeti naziv varijable, može se sastojati i od više riječi, ali je bolje izabrati kratka imena, kao npr. GUVZA, ZURBA, i sl. Ako upišete dvije riječi za naziv varijable, npr. UVJETI VOZNJE, program će automatski upisati donju crticu između riječi UVJETI_VOZNJE. Upišite za naš primjer prvu varijablu:
UVJETI_VOZNJE
3. **Type** – izabrati tip varijable (koristit ćemo samo 3 tipa: Statička lista –Static list , numerička varijabla - Numeric, ili varijabla povjerenja – Confidence Variable). Za našu varijablu UVJETI_VOZNJE izaberite tip: Static List.
4. Kliknuti na OK za pohranjivanje novounesenih varijabli.

Nakon unosa nove varijable program nas vraća na prozor Variables, gdje treba unijeti ostale karakteristike varijable. Važne karakteristike su:

- **Prompt** – to je tekst koji će se prikazati korisniku na ekranu kada treba unijeti vrijednosti te varijable, npr. za varijablu UVJETI_VOZNJE upisat ćemo prompt
"Uvjeti vožnje su:"
- **Full text** – ovdje treba unijeti vrijednosti za statičku varijablu, te vrijednosti trebaju biti u skladu s tekstom koji je unesen u polje "Prompt", pa tako za našu varijablu unesite vrijednost:
"dobri"

- u polju **Value** piše **1**, što znači da smo unijeli samo vrijednost za prvu opciju varijable UVJETI_VOZNJE. Da biste unijeli vrijednosti za ostale opcije, kliknite na strelicu ">" da biste prešli na sljedeću vrijednost. Kada u polju Value piše 2, tada upišite vrijednost za drugu opciju:
"loši"
- **Short text** - U principu ako tekst koji ste upisali u polje "Full text" nije predugačak, možete ga kopirati u polje "**Short text**" gdje se upisuje kratak naziv vrijednosti neke varijable. Ako je dugačak, u tom slučaju kopirajte samo dio teksta iz polja "Full text" u polje "Short text".
- Varijabla UVJETI_VOZNJE e definirana. Na isti način unesite i ostale dvije varijable koje smo definirali kao statičke liste u odjeljku 3:

Naziv varijable	Prompt	Vrijednosti (Full text)
ZURBA	Da li se žurite na posao?	Da, Ne
GUZVA	Da li je prometni zastoj na cesti?	Da, Ne

- Unos numeričke varijable – za unos varijable GORIVO za tip varijable izaberite "Numeric", nakon čega će se u polje "Prompt" automatski kopirati naziv varijable. Ovdje ispravite tekst u polju "Prompt" tako da obrišete ponuđeni tekst i upišete
"Koliko litara goriva imate u rezervaru?"
- Lower limit, Upper limit – ovdje možete unositi donje i gornje granice numeričkih vrijednosti koje su dozvoljene za varijablu. Unesite za našu varijablu GORIVO donju granicu **0**.
- Za unos varijabli povjerenja, treba izabrati tip "**Confidence variables**", pa tako unesite najprije varijablu pod nazivom "**Highway**".
- Za "**Prompt**" kod ove varijable unesite tekst "Idi na posao autoputom."
- U polje "**Input Values – Minimum**" upišite "-100", a **Maximum** "100".
- Na isti način unesite i ostale dvije varijable povjerenja "CityStreet" i "CoastRoad"

B. Kreiranje logike u bazi znanja (čvorovi u stablu odlučivanja) – LOGIC BLOCKS

U Exsys-u logički blokovi (LOGIC BLOCKS) govore na koji način se do odluke dolazi. U njima se unose i mijenjaju pravila koja čine bazu znanja ekspertnog sustava.

Za pokretanje logičkih blokova, aktivirajte naredbu **Window / Logic Block** iz glavnog izbornika, ili sličicu s oznakom "**L**". Na ekranu će se pojaviti prozor kao na slici.

Za početak ćemo unijeti jedno od pravila od pravila definiranih u 4. odjeljku ovog teksta. Pravilo o uvjetima vožnje je najjednostavnije, pa ćemo početi od njega. Pravilo glasi:

```
IF UVJETI_VOZNJE="loši"  
THEN CoastRoad=-100
```

Unos "IF" dijela pravila

Najprije treba unijeti prvi red pravila, dio (čvor, eng. node) koji počinje s naredbom IF. U prozoru za logičke blokove pronađite okvir **IF** i u njemu kliknite na tipku **Add**. Prikazat će se novi prozor za dodavanje logičkih pravila, u kojem su u lijevom dijelu prikazane

sve unesene varijable. Klikom miša na popisu varijabli izaberite varijablu **UVJETI_VOZNJE**. U desnom dijelu prozora pojavit će se unesene vrijednosti te varijable. Kliknite na vrijednost "**LOSI**", te na tipku "Add to node list". U donjem dijelu prozora prikazani su dodani čvorovi pravila, i trebao bi se vidjeti čvor **IF UVJETI_VOZNJE="losi"**. Kliknite na tipku **Done** i čvor će biti unesen, te prikazan u prozoru za logičke blokove.

Unos "THEN" dijela pravila

Da biste unijeli drugi red pravila, koji počinje s naredbom THEN, najprije treba označiti mišem čvor **IF** na koji se odnosi **THEN** čvor. Označite čvor **IF** koji smo unijeli, a zatim pronađite okvir **THEN** u prozoru za logičke blokove. U njemu postoje tipke za dva tipa THEN čvora: tip VARIABLE (koji se dodjeljuje vrijednost nekoj varijabli ako je uvjet IF ispunjen) i tip COMMAND (kojim se aktivira neka naredba ako je uvjet IF ispunjen). Nama će biti potreban samo tip VARIABLE, pa kliknite na mišem na tipku **Variable**. Nakon toga pojavit će prozor za dodavanje blokova s popisom varijabli. U njemu izaberite varijablu **CoastRoad**, a zatim u desnom dijelu prozora, iza naziva te varijable koji je prikazan u uglatim zagradama, kliknite mišem i upišite tekst "**= - 100**". Zatim kliknite na tipku "Add to node list". U donjem dijelu prozora bit će prikazan čvor THEN: **THEN [CoastRoad] =-100**. Kliknite na tipku **Done** i čvor će biti unesen, te prikazan u prozoru za logičke blokove. Upravo ste kreirali prvo pravilo.

Na sličan način kreirajte ostala pravila.

C. Kreiranje naredbi (Commands)

Dok logički blokovi (LOGIC BLOCKS) govore na koji način se do odluke dolazi, blokovi naredbi (Command Blocks) govore što treba učiniti i kada, te kontroliraju rad cijelog ekspertnog sustava. Iako se može sastojati od vrlo složenih kontrola, većina izgrađenih sustava ima ove dvije osnovne kontrole:

1. kontrola koja određuje kako će se dodjeljivati vrijednosti varijabli na izlazu (DERIVE CONF)
2. kontrola koja određuje način prikaza rezultata (RESULTS)

Za pokretanje bloka naredbi, aktivirajte naredbu **Window / Command Block** iz glavnog izbornika, ili sličicu s oznakom "**C**".

Postoje dva tipa naredbi: **kontrolne** i **operacijske**. Kontrolne omogućuju unos IF, THEN, FOR petlji u prikazivanju nekih prozora, međutim nama će biti potrebne operacijske koje izvršavaju neke akcije. Kliknite mišem na tipku **Operational**. Pojavit će se prozor s raznim opcijama za unos.

1. kontrola – način dodjeljivanja vrijednosti varijablama na izlazu (DERIVE CONF)

Najprije treba odrediti kako će se dodjeljivati vrijednosti izlaznim varijablama (ili varijablama povjerenja, eng. confidence variables, varijablama koje čine odluku sustava,

u ovom primjeru to su CoastRoad, CityRoad i Highway). Kliknite na sivu traku **Variables** koja je na vrhu prozora. Vrijednosti izlaznih varijabli mogu se dodjeljivati na tri načina:

- tipkom **SET** – vrijednosti izlaznih varijabli se postavljaju na neku određenu vrijednost koju odredi kreator sustava
- tipkom **DERIVE** – vrijednosti izlaznih varijabli se postavljaju na temelju rezultata pravila
- tipkom **ASK** – od korisnika se očekuje da prilikom korištenja sustava unese vrijednosti izlaznih varijabli

Nama će biti potreban drugi način, DERIVE, jer želimo da pravila odrede vrijednosti izlaznim varijablama. Kliknite na opciju **Derive**, a zatim u tom okviru na opciju "**All Confidence Variables**". Na ekranu će se prikazati naredba **DERIVE CONF**. Kliknite na OK kako biste je dodali na popis naredbi.

2. kontrola – način prikaza rezultata (RESULTS)

Kliknite na sivu traku "**Results**" na vrhu prozora, a zatim na opciju "**Display Default Results Screen**". Kliknite na OK, i dodana je naredba RESULTS.

Nakon ovog postavljanja ekspertni sustav se može pokrenuti. Međutim, sučelje prema korisniku može se uljepšati postavljanjem dodatnih opcija na svojoj traci **Results**. Nakon što ste kliknuli na sivu traku Results, pronađite negdje u sredini prozora tipku Edit i kliknite na nju, nakon čega će se pojaviti prozor u kojemu možete postaviti dodatne opcije izgleda zadnjeg ekrana u ekspertnom sustavu. Npr.

- opcija Last Screen no OK – ovu opciju je dobro uključiti zato što omogućuje da ne bude postavljena tipka OK na zadnjem ekranu, jer tamo nije niti potrebna (potrebna je samo na prethodnim ekranima na kojima korisnik odgovara na postavljena pitanja)
- opcija Text omogućava da se na zadnjem ekranu upiše tekst koji korisniku objašnjava rezultat, npr: može se upisati: "Opcija koja nosi najveći broj bodova je ona koju program preporuča za odluku".
- na ovom ekranu može se postaviti i boja podloge, ubaciti slika i dr. dodatci.

Nakon kreiranog sustava, potrebno je pohraniti projekt (File/Save).

Ekspertni sustav se pokreće naredbom Run.

Prilikom pokretanja program će automatski kreirati i html datoteku i još nekoliko pomoćnih datoteka koje su potrebne za runtime web verziju sustava (datoteke će biti pohranjene u istom direktoriju u kojem je i .cvd glavna datoteka za projekt).

Ukoliko program šaljete nastavniku na pregled putem e-mail-a, potrebno je poslati samo .cvd datoteku projekta.

Ukoliko netko želi staviti svoj ekspertni sustav na web stranicu, u nastavku su upute.

Upute za stavljanje općih informacija o projektu na Web:

- **Kreirati početnu stranicu index.html** - u MS Word-u ili u nekom drugom alatu koji omogućuje kreiranje web stranica (npr. Front Page, Dreamweaver, i dr.) napraviti svoju početnu stranicu koja će sadržavati osnovne podatke o Vama kao studentu (ime i prezime, studij, e-mail adresa, kratki životopis, i slično). Ovu datoteku pohranite kao Web stranicu (iz Word-a pomoću naredbe "File/Save As Web page" ili u prozoru za pohranjivanje u polju "File Type" izaberite "Web page (htm, html)". Naziv datoteke mora biti "index.html" ili "index.htm".
- Na preglednom mjestu u toj datoteci treba biti postavljen **link (poveznica) na opis Vašeg projekta** iz predmeta umjetne inteligencije. Ovaj link može voditi na datoteku pod nazivom npr. projektui.html
- Posebno **napravite datoteku projektui.html** u koju ćete upisati osnovne podatke o Vašem projektu.
- Obje kreirane datoteke (index.html, projektui.html) treba zatim putem FTP programa (koristeći svoj login i lozinku na vusos poslužitelju) postaviti na poslužitelj vusos.vusos.hr u Vaš osobni direktorij, u poddirektorij **public_html**.

Upute za stavljanje samog ekspertnog sustava na web:

- U datoteci projektui.html trebate postaviti link na program ekspertnog sustava koji ste izradili u ExSys-u (npr. ako se projekt u ExSys-u zove "nadarenost.cvd", tada link ne treba voditi na tu datoteku, nego postaviti da link vodi na datoteku "**nadarenost.html**").
- U poddirektorij **public_html** staviti i sve datoteke koje su vezane uz projekt u ExSys-u (npr. sve koje počinju s "nadarenost" (.html, .cvd, cvr, cvru), zatim tu treba staviti sve datoteke i mape (foldere) koji na Vašem lokalnom računalu, u direktoriju gdje se nalazi projekt, nastanu raspakiravanjem datoteke ExsysCorvi.jar (to su mape: com, Corvid, META-INF, te datoteke: Corvid.ExternApplet.html, Corvid.Runtime.html, Corvid.TraceApp.html). Sve to treba upload-irati ftp-om na poslužitelj vusos.vusos.hr u direktorij **public_html kako bi se program mogao izvršavati na webu**.
- primjer osobne web stranice možete pogledati [ovdje](#).