

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Blaž Mahnič

**Inteligentni informacijski sistem
laboratorijev v zdravstvu – Sistem iLab**

DIPLOMSKO DELO NA
VISOKOŠOLSKEM STROKOVNEM ŠTUDIJU

Mentor: prof. dr. Marko Bajec

Somentor: dr. Domen Marinčič

Ljubljana, 2010



Št. naloge: 00010/2010

Datum: 01.10.2010

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **BLAŽ MAHNIČ**

Naslov: **INTELIGENTNI INFORMACIJSKI SISTEM LABORATORIJEV V
ZDRAVSTVU – SISTEM ILAB**

**ILAB - INTELLIGENT INFORMATION SYSTEM FOR HEALTH CARE
LABORATORIES**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

V okviru diplomske naloge izdelajte in dokumentirajte inteligentni informacijski sistem za potrebe nadzora okoljskih parametrov v laboratorijih v zdravstvu. Sistem naj beleži vse potrebne podatke za potrebe optimalnega delovanja laboratorija. Sistem naj deluje kot ekspertni sistem, za potrebe razvoja pa izberite poljubno razvojno okolje. Korake razvoja ustrezno dokumentirajte.

Mentor:


prof. dr. Marko Bajec



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za računalništvo
in informatiko

Tržaška 25
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon: 01 476 84 11
faks: 01 426 46 47
www.fri.uni-lj.si
e-mail: dekanat@fri.uni-lj.si



Št. naloge: 00010/2010

Datum: 01.10.2010

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Kandidat: **BLAŽ MAHNIČ**

Naslov: **INTELENTNI INFORMACIJSKI SISTEM LABORATORIJEV V
ZDRAVSTVU – SISTEM ILAB**
**ILAB - INTELLIGENT INFORMATION SYSTEM FOR HEALTH CARE
LABORATORIES**

Vrsta naloge: Diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija prve stopnje

Tematika naloge:

V okviru diplomske naloge izdelajte in dokumentirajte inteligentni informacijski sistem za potrebe nadzora okoljskih parametrov v laboratorijih v zdravstvu. Sistem naj beleži vse potrebne podatke za potrebe optimalnega delovanja laboratorija. Sistem naj deluje kot ekspertni sistem, za potrebe razvoja pa izberite poljubno razvojno okolje. Korake razvoja ustrezno dokumentirajte.

Mentor:


prof. dr. Marko Bajec



Dekan:


prof. dr. Nikolaj Zimic

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani/-a **Blaž Mahnič**,

z vpisno številko **63040241**,

sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Inteligentni informacijski sistem laboratorijev v zdravstvu – Sistem Ilab

S svojim podpisom zagotavljam da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom prof.dr. Marka Bajca in somentorstvom dr.Domna Marinčiča
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v zbirki »Dela FRI«

V Ljubljani, dne 11.10.2010

Podpis avtorja:

Zahvala

Zahvaljujem se Inštitutu Jožef Stefan, ki mi je omogočil nastanek diplomskega dela. Še posebej bi izpostavil somentorja (dr.Domna Marinčiča), ki mi je bil z znanjem in idejami v veliko pomoč.

Posebej bi se zahvalil tudi mentorju prof.dr.Marku Bajcu za strokovne nasvete in pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Rad bi se zahvalil tudi staršem za možnost študija.

Kazalo

1	
Uvod.....	3
Sorodna dela na področju informatike v laboratorijih	4
2.1 Kako LIMS sistemi delujejo?	4
2.2 Zgodovina razvoja LIMS.....	4
2.3 Kje vse se lahko LIMS uporablja?	5
2.4 Primerjava drugih sistemom z našim	5
2.4.1 Orbita LIMS – informacijski sistem podjetja Epi Spektrum varstvo okolja, informacijski sistemi in storitve d.o.o	6
2.4.2 S-LIMS podjetja Kefo d.o.o	6
2.4.3 LabSoft LIMS podjetja Computing Solutions.....	6
Opis Sistema iLab.....	8
3.1 Projekt iLab.....	8
3.2 Kakšne koristi prinaša Sistem iLab	9
3.3 Učinki iz tehnološkega vidika	9
3.4 Kratak opis celotnega Sistema iLab.....	10
3.4.1 Inteligentni podsistem.....	11
Uporabljene tehnologije za razvoj Ekspertnega sistema	13
4.1 Podatkovna baza	13
4.2 Programski jezik	13
4.3 Razvojno okolje	13
4.4 Ekspertni sistemi na splošno	14
4.4.1 Uporaba ES.....	14
4.4.2 Struktura ekspertnega sistema	15
4.4.3 Baza znanja.....	15
4.4.4 Mehanizem sklepanja	15
4.4.5 Primera veriženja naprej in veriženja nazaj	16
4.4.6 Prednosti uporabe ekspertnih sistemov	16
4.4.7 Problemi in omejitve ekspertnih sistemov.....	16
Razvoj Ekspertnega sistema po strukturnem pristopu	17
5.1 Opis Ekspertnega sistema	17
5.2 Opis problemske domene Ekspertnega sistema iLab – funkcionalne zahteve	18
5.2.1 Definiranje pravil v ekspertnem sistemu	18

5.2.2 Stalen nadzor.....	19
5.2.3 Upravitelj izrednih dogodkov	19
5.3 Slovar izrazov.....	20
5.4 Dodatne specifikacije – nefunkcionalne zahteve	21
5.5 Analiza	22
5.5.2 Opis entitet.....	23
5.5.3 Procesni model.....	24
5.5.3.1 Diagram funkcionalne razgradnje	24
5.5.3.2 Funkcionalna razgradnja sistema za preverjanje pravil	25
5.5.4 Procesni diagram.....	26
5.5.4.1 Procesni diagram nadzora aktivnih postopkov	26
5.5.5 Model procesne logike	27
5.5.5.1 Odločitveno drevo za proces nadzora aktivnih postopkov	27
5.5.6 Predlog tehnične arhitekture ekspertnega sistema.....	28
5.5.7 Strategija testiranja Ekspertnega sistema	28
5.6 Načrtovanje	29
5.6.1 Logični model podatkovne baze.....	29
5.7 Objektni pristop - opis posameznih primerov uporabe	30
5.7.1 Povezava z podatkovno bazo – Osnovni tok	30
5.7.1.1 Alternativni tokovi.....	30
5.7.2 Zagon upravitelja pravil Ekspertnega sistema in delo s pravili – Osnovni tok	31
5.7.2.1 Alternativni tokovi.....	32
5.7.3 Zagon upravitelja izrednih dogodkov, filtriranje izrednih dogodkov in potrjevanje izrednih dogodkov – Osnovni tok.....	33
5.7.3.1 Alternativni tokovi.....	34
Uporabniški vmesnik inteligentnega podsistema	36
6.1 Upravitelj pravil Ekspertnega sistema.....	37
6.2 Upravitelj izrednih dogodkov	38
Sklepne ugotovitve	39
Priloge.....	40
8.1 Prispevek na 2. študentski konferenci Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana »Z znanjem do inovativnih rešitev. Si kos izzivu?«.....	40
8.1.1 Članek.....	40
8.1.2 Poster	41

Viri in literatura.....	42
-------------------------	----

Kazalo slik

Slika 1: Zgradba Sistema iLab	11
Slika 2: Inteligentni podsistem	12
Slika 3: Struktura ekspertnega sistema	15
Slika 4: Ekspertni sistem llab	18
Slika 5: Diagram funkcionalne razgradnje Inteligentnega podsistema	24
Slika 6: Funkcionalna razgradnja sistema za preverjanje pravil.....	25
Slika 7: Procesni diagram nadzora aktivnih postopkov.....	26
Slika 8: Odločitveno drevo za proces nadzora aktivnih postopkov.....	27
Slika 9: Logični model podatkovne baze	29
Slika 10: Začetni uporabniški vmesnik.....	36
Slika 11: Oblika pravila	37
Slika 12: Upravitelj pravil.....	37
Slika 13: Upravitelj izrednih dogodkov.....	38
Slika 14: Poster Sistem iLab.....	41

Kazalo tabel

Tabela 1: Opis entitet.....	23
-----------------------------	----

Seznam uporabljenih kratic in simbolov

- SQL: Structured Query Language (query language for relational databases),
- IDE: integrated development environment,
- LIMS: Laboratory Information Management System,
- SOP: Standard operating procedure,
- IS: Informacijski sistem,
- IMS: Industrijski merilni sistemi,
- PHP: Hypertext Preprocessor,
- IJS: Inštitut Jožef Stefan,
- eEPC: Extended Event-Driven Process Chain.

Povzetek

V diplomskem delu opisujem Inteligentni informacijski sistem laboratorijev v zdravstvu – Sistem iLab, ki nadzoruje okoljske parametre v laboratoriju kot so temperatura, zračna vlaga, pritisk ipd. Namen Sistema iLab je preprečiti škodo, ki jo lahko povzroči odstopanje vrednosti okoljskih parametrov od pričakovanih vrednosti. Sistem iLab se osredotoča predvsem na laboratorije, v katerih se shranjujejo vzorci in zdravila, katerih kakovost je močno odvisna od pogojev, v katerih so ti shranjeni. Za optimalno delovanje laboratorija je poleg primarnega shranjevanja materialov potrebno tudi nadzorovanje delovanja opreme in hranjenje podatkov o vzorcih, zdravilih in opremi.

Sistem iLab je sestavljen iz treh podsistemov: senzorski, inteligentni in informacijski. Senzorski podsistem izvaja meritve okoljskih parametrov. Inteligentni podsistem na podlagi zbranih podatkov sklepa o kakovosti vzorcev in o delovanju opreme. Sposoben je opozarjati na nepravilnosti npr. (»Temperatura je neobičajno nihala«, »Vzorec je shranjen pri previsoki temperaturi«, »Manjkajo meritve na določenem senzorju«). Sposoben je tudi napovedovati kakovost vzorcev in morebitne prihajajoče okvare opreme. Informacijski podsistem je namenjen evidenci opreme in materialov. Z njegovo pomočjo lahko stranke, delavci in nadzorniki laboratorija dostopajo do za njih pomembnih podatkov.

V nadaljevanju bom na splošno opisal celoten Sistem iLab, podrobneje pa se bom osredotočil na Ekspertni sistem, ki je del Inteligentnega podsistema.

Za razvoj ekspertnega sistema sem uporabljal naslednje tehnologije: kot razvojno okolje sem uporabil Net Beans IDE 6.8, programiral sem v programskem jeziku Java 6, za podatkovni strežnik sem uporabljal Microsoft SQL server express 2008.

Ključne besede:

Informacijski sistem, SQL, okoljski parametri, Ekspertni sistem, Java.

Abstract

In my thesis I am describing Intelligent information system for health care laboratories - System Ilab. Ilab System controls environment parameters in laboratories like temperature, humidity, pressure...etc. The purpose of Ilab System is to prevent damage, that can be caused by depart of environment parameters. Ilab System is focused especially on laboratories where samples and medicines are kepted and their quality is strong depended of storage conditions. The control of equipment and data storage about samples, medicines and people is also important for optimal laboratory working.

Ilab System is composed by three subsystems: sensor, intelligent and information. Sensor subsystem does the measurements of environment parameters. Intelligent subsystem concludes about the samples quality and equipment working. It can notify users about malfunctions ("The temperature was varieing unusualy", "The sample is saved on too high temperature", "Measurements are missing on specified sensor"). It can also predict the samples quality and possible malfuncions of equipment. Information subsystem is intended to save the data about equipment and materials. With it the clients, employes and supervisors access to data important for them.

In my thesis I will decribe overall the entire Ilab System and I will go to details in describing expert System which is the part of intelligent subsystem. For the development of expert system I have used the following technologies: Net Beans IDE 6.8, Java(TM) 6, Microsoft SQL server express 2008.

Key words:

Information system, SQL, environment parameters, expert system, Java.

Poglavje 1

Uvod

Glavni cilj Sistema iLab je informacijska podpora delovnega procesa v laboratorijih. To vključuje upravljanje s podatki in informacijami o delovnih postopkih, opremi, hrambi vzorcev, s poudarkom na avtomatskem nadzoru delovanja opreme in opozarjanju uporabnika o izrednih dogodkih. Diplomsko delo se osredotoča na Ekspertni sistem, ki je del Inteligentnega podsistema. Inteligentni podsistem na podlagi zbranih podatkov sklepa o kakovosti vzorcev in o delovanju opreme. Sposoben je opozarjati na nepravilnosti npr. (»Temperatura je neobičajno nihala«, »Vzorec je shranjen pri previsoki temperaturi«, »Manjkajo meritve na določenem senzorju«). Sposoben je tudi napovedovati kakovost vzorcev in morebitne prihajajoče okvare opreme. Diplomsko delo je nastalo v okviru Projekta Inteligentni informacijski sistem laboratorijev v zdravstvu, ki ga razvija konzorcij sestavljen iz treh organizacij: dve podjetji, Lotrič d.o.o. in IMS – industrijski merilni sistemi d.o.o. ter raziskovalna organizacija Institut »Jožef Stefan«, Odsek za inteligentne sisteme.

Motivacija za razvoj Sistema iLab je boljše upravljanje z delovnimi procesi v laboratorijih. Zaradi neustreznih pogojev hranjenja in nedelovanja oz. nepravilnega delovanja hladilnikov in klimatskih naprav lahko pride do tega, da mora neka farmacevtska družba odpisati celotno serijo zdravil oz. raznih proizvodnih sestavin. Z podobnimi težavami se srečujejo tudi zdravstveni laboratoriji, kjer imajo lahko težave s hrambo vzorcev in posledično s kasnejšim pregledom le-teh. Eden izmed ključnih pogojev za primerno kvaliteto vzorcev je nadzor nad dobrim delovanjem laboratorijske opreme (npr. hladilne skrinje). V večini primerov laboratoriji izvajajo periodične preglede delovanja opreme. Za pravilno delovanje laboratorija je lahko moteče, če je potrebno ob pregledih delovanje opreme ustaviti. Periodično pregledovanje v večini primerov poteka ročno. S takim načinom pregledovanja opreme in zbiranja podatkov je težko priti do ugotovitev, kako se bo oprema obnašala v prihodnosti. Rešitev tega problema je stalen nadzor nad delovanjem opreme. To je v Sistemu iLab realizirano s postavitvijo raznih senzorjev npr. (temperatura, zračna vlaga, pritisk, tresljaji, svetloba, itd.). Sistem iLab ob izrednih dogodkih deluje tako, da uporabnika opozori o nepravilnostih delovanja opreme.

Sledi pregled posameznih poglavij diplomskega dela. V drugem poglavju sem predstavil nekatere druge rešitve na področju informatike v laboratorijih (LIMS, Laboratory Information Management System). V tretjem poglavju sem na kratko opisal celoten Sistem iLab. V četrtem poglavju sem opisal uporabljene tehnologije pri razvoju Ekspertnega sistema teoretično sem tudi opisal ekspertne sisteme. V petem poglavju sem podrobneje opisal Ekspertni sistem. Opisal sem delovanje sistema, problemsko domeno, dodatne specifikacije (zanesljivost, hitrost, varnost, omejitve). V šestem poglavju sem predstavil uporabniški vmesnik Ekspertnega sistema.

Poglavje 2

Sorodna dela na področju informatike v laboratorijih

Namen Laboratorijskih informacijskih sistemov LIMS je obdelava in upravljanje podatkov v laboratorijih. Taki sistemi so lahko zelo preprosti in služijo ročnemu izpolnjevanju obrazcev, pisanju poročil, shranjevanju. Danes se v ta namen večinoma uporablja računalniško podprte sisteme.

2.1 Kako LIMS sistemi delujejo?

Primarna funkcionalnost sistemov je shranjevanje, obdelava in analiza podatkov. Zelo pomembna je povezava sistema z napravami in opremo v laboratorijih saj brez tega sistem ne more delovati pravilno. Dobljene podatke lahko uporabimo za kreiranje raznih poročil. Sistemi LIMS nam v večini omogočajo tudi grafično predstavitev podatkov. Omeniti velja tudi možnost shranjevanja podatkov za kasnejše obdelovanje in uporabo. Sistem LIMS bistveno prispeva k avtomatizaciji in optimizaciji dela in s tem k večji produktivnosti. To je mogoče le ob ustrezni ostali laboratorijski opremi, ki mora podpirati povezavo z LIMS sistemom. Na tržišču se pojavlja vse več LIMS sistemov, ki omogočajo povezovanje preko interneta in tako hitrejši prenos podatkov med laboratoriji ter lažje povezovanje med njimi.

2.2 Zgodovina razvoja LIMS

Začetki segajo v čas, ko so nekatera naprednejša podjetja vpeljala informacijski sistem, ki je temeljil na ročnem pisanju laboratorijskih beležnic in poročil, ki so jih shranjevali v posebnih arhivih. V 70-ih letih so postali aktualni po naročilu narejeni sistemi. Ti sistemi so pogosto uporabljali miniračunalnike, ki so bili izdelani po potrebah specifičnih laboratorijev. Prva komercialna različica LIMS-a je bila predstavljena v zgodnjih 80-ih letih. Različice LIMS-a so bili lastniški sistemi, katere so navadno razvila podjetja, ki so izdelovala analitične instrumente, da bi tako podkrepili njihovo delovanje. V začetku 90-ih se je razvoj premaknil v oblikovanje odprtih informacijskih sistemov. Ti sistemi so zasnovani na principu strukture sistema odjemalec/strežnik. Gre za to, da LIMS poveže računalnike - uporabnike iz posameznih laboratorijev med sabo in z osrednjim računalnikom - strežnikom, kjer se vsi podatki zbirajo v podatkovni bazi, do katere imajo uporabniki dostop. Danes komercialna verzija LIMS-a ponuja veliko prilagodljivost in funkcionalnost. Večina današnjih popularnih komercialnih različic LIMS-a izkorišča prednosti odprtih sistemov in platform. [4]

2.3 Kje vse se lahko LIMS uporablja?

- v avtomatiziranih analitskih laboratorijih,
- v farmacevtskih laboratorijih,
- v petrokemijskih laboratorijih,
- v mikrobioloških laboratorijih,
- v testnih laboratorijih,
- v laboratorijih za analizo vode in prehrane,
- v laboratorijih za analizo materialov,
- v ekoloških laboratorijih,
- v laboratorijih za kontrolo kakovosti,
- v laboratorijih za sodno klinična testiranja,
- ipd.

2.4 Primerjava drugih sistemom z našim

Sistem iLab bo omogočal naslednje:

- shranjevanje podatkov o vzorcih, tako da bodo na enem mestu dostopni več strankam in zaposlenim,
- opozarjanje uporabnikov na izredne dogodke, ki se bodo morda pojavljali med delovanjem opreme (spremljanje meritev delovanja opreme v realnem času),
- napovedovanje kakovosti vzorcev,
- avtomatsko učenje sistema na podlagi zajetih okoljskih parametrov,
- definiranje ekspertnih pravil in upravljanje z izrednimi dogodki.

V nadaljevanju bom opisal nekaj komercialnih LIMS sistemov, katere ponujajo podjetja v Sloveniji in po svetu. Nato bom Sistem iLab primerjal s temi sistemi.

2.4.1 Orbita LIMS – informacijski sistem podjetja Epi Spektrum varstvo okolja, informacijski sistemi in storitve d.o.o

Laboratorijski informacijski sistem OrbitaLIMS je namenjen popolni informatizaciji laboratorija. Razvija ga slovensko podjetje Epi Spektrum. Zagotavlja popolno sledenje in spremljanje vseh informacij o vzorcu od prihoda v laboratorij do izhodnih dokumentov. [1]

V grobem obsega funkcionalnost OrbitaLIMS naslednje sklope:

- delo z vzorci (vnos, obdelava, pregledi in izpisi),
- spremljanje stanja laboratorija (metode, vrste vzorcev ipd),
- spremljanje podatkov o opremi, vodenje skladišča reagentov,
- nadzor laboratorija (delavci, pravice, kontrolne karte),
- vodenje dokumentacije (stranke, spremni dopisi, SOP-i).

2.4.2 S-LIMS podjetja Kefo d.o.o.

Podjetje ponuja celovit informacijski sistem, razvit v sodobnem tehnološkem razvojnem okolju Oracle. Sistem podpira vse ključne funkcije in omogoča učinkovito, ekonomično ter kakovostno izvajanje dejavnosti kot so:

- vzorčenje in izvajanje laboratorijskih poizkusov,
- vodenje (materiala, opreme, človeških virov, vrednotenje in obračun storitev v povezavi s finančnim IS, ipd.) [2]

2.4.3 LabSoft LIMS podjetja Computing Solutions

LabSoft LIMS je laboratorijski informacijski sistem, ki omogoča enostaven dostop do informacij vsem uporabnikom v organizaciji. [3]

Kaj nam sistem ponuja:

- orodja za poročanje, ki berejo podatke iz podatkovne baze,
- obveščanje uporabnikov preko elektronske pošte o pomembnih dogodkih, ki se pojavljajo med delovanjem LIMS,
- vodenje statistike,

- tiskanje črtnih kod,
- možnost pošiljanja elektronske pošte uporabnikom v zvezi z laboratorijskimi rezultati, statistiko in obvestili,
- izbirno funkcijo, ki omogoča, da izberete najbolj reprezentativne podatke o vzorcu.

Zgoraj opisani sistemi LIMS so le nekateri izmed mnogih, katere ponuja tržišče. Večinoma ponujajo le osnovne funkcije hranjenja, obdelave in prikaza podatkov. Sistem iLab se od njih razlikuje predvsem v tem, da ponuja precej bolj razdelan način nadzorovanja delovanja opreme in pogojev hranjenja vzorcev, hkrati z opozarjanjem uporabnikov na izredne dogodke.

Poglavje 3

Opis Sistema iLab

3.1 Projekt iLab

Diplomsko delo je nastalo v okviru projekta »Inteligentni informacijski sistem laboratorijev v zdravstvu«, na katerem poteka razvoj Sistema iLab. Projektni konzorcij je sestavljen iz treh organizacij. Dve podjetji Lotrič d.o.o. in IMS – industrijski merilni sistemi d.o.o. ter ena raziskovalna organizacija Institut »Jožef Stefan«, Odsek za inteligentne sisteme. Primarna dejavnost podjetij Lotrič in IMS je povezana z uporabo merilne opreme v različne namene. Odsek za Inteligentne sisteme se že 20 let ukvarja z umetno inteligenco, v zadnjem času pa še posebej s področjem ambientalne inteligence.

Lotrič d.o.o.

Začetki podjetja Lotrič d.o.o. segajo v leto 1991, ko je Marko Lotrič kot samostojni podjetnik registriral dejavnost servisiranja tehtnic in pripravo tehtnic za žigosanje. Danes je glavna dejavnost podjetja tehnično preizkušanje ter analiziranje procesov, meril in naprav na področju mase, sile, volumna, tlaka, temperature, vlage, dolžine, kota ter naprav tehničnih pregledov v predelovalni industriji, inštitutih in zavodih ter tehničnih pregledih vozil, kjer se zahteva izpolnjevanje ustreznih domačih in tujih standardov.

Institut »Jožef Stefan« (Odsek za inteligentne sisteme E9)

Poslanstvo inštituta je v ustvarjanju, širjenju in prenosu znanja na področju naravoslovnih in tehniških znanosti ter znanosti o življenju.

Osnovni cilji Odseka za inteligentne sisteme so raziskave računalniških osnov inteligence in razvoj naprednih aplikacij s področja inteligentnih informacijskih storitev, analize podatkov, inteligentnega preiskovanja spleta, podpore odločanja, inteligentnih agentov, medicine, ekologije, jezikovnih tehnologij, inteligentne proizvodnje in ekonomije.

IMS - industrijski merilni sistemi d.o.o.

Podjetje IMS ima dolgoletne izkušnje s področja meritev hrupa in vibracij. Vse od ustanovitve leta 1999 se trudijo njihovim strankam ponuditi najprimernejšo storitev v obliki izobraževanja, svetovanja in prodaje merilne opreme. Povod za ustanovitev podjetja je bilo zastopstvo za dansko podjetje Bruel & Kjaer, s katerim še vedno sodelujejo in so njihov ekskluzivni distributer za Slovenijo.

3.2 Kakšne koristi prinaša Sistem iLab

Vzorci imajo rok uporabe, ki ni odvisen le od časa, ampak tudi od pogojev shranjevanja (nihanja temperature, vlage, svetlobe, tresljaji ipd.). Z inteligentnimi metodami se lahko naučimo, pri katerih pogojih in za koliko se običajen rok uporabnosti vzorca skrajša ali podaljša. Preprosto povedano, Sistem iLab bo za vsako cepivo vodil podatke o temperaturi, vlagi, svetlobi, tresljajih itd. ter tako za vsako entiteto v laboratoriju vodil oceno trenutnega stanja v simbolni in grafični obliki. Tako bo sistem lahko npr. opozoril na potencialno zmanjšanje kakovosti vzorcev in predlagal njihovo predčasno uporabo. Po drugi strani bo sistem omogočal tudi opozarjanje, napovedovanje in posredovanje v primeru okvar.

Rezultati projekta bodo splošno uporabni. Sistem se bo lahko s prilagoditvami uporabil v različnih laboratorijih, od zasebnih do javnih (v bolnišnicah, zdravstvenih domovih in veterinarskih postajah). Uporaba takega sistema lahko bistveno zmanjša stroške hranjenja vzorcev. Poleg tega se uporaba vzorcev optimira glede na njihovo kakovost. Laboratorijem uporaba takega sistema zagotavlja dolgoročno povečanje poslovne uspešnosti in konkurenčne prednosti ter tako pospeši njihov nadaljnji razvoj.

3.3 Učinki iz tehnološkega vidika

Najpomembnejši tehnološki učinki so:

- povečana kakovost hranjenja vzorcev in ostalih materialov,
- izboljššan in poenostavljen nadzor nad delovanjem laboratorijske opreme,
- zmanjšanje stroškov v zvezi s periodičnim fizičnim pregledovanjem in preverjanjem vzorcev in opreme,
- zmanjšanje izmeta laboratorijskih kemikalij zaradi inteligentnega nadzora nad hranjenjem le-teh in posledično zmanjšanje onesnaževanja okolja,
- povečanje zaloge vzorcev zaradi zmanjšanja pokvarljivosti le-teh ter posledično zmanjšanje stroškov,

- poenostavljen zunanji nadzor nad delovanjem laboratorija za zunanje institucije,
- opravljanje nekaterih procesov je omogočeno na daljavo prek spletne aplikacije,
- mnogi postopki so povsem ali delno avtomatizirani (npr. vnos in obdelava podatkov),
- omogočeno bo posredovanje rezultatov analiz v digitalno podpisanih dokumentih prek spleta, kar bo cenejše in hitreje od pošiljanja dokumentov v fizični obliki,
- povečanje poslovne uspešnosti in konkurenčne prednosti laboratorija,
- višja stopnja zaupanja v rezultate opravljenih analiz zaradi povečanega avtomatskega in inteligentnega nadzora nad postopki v laboratoriju.

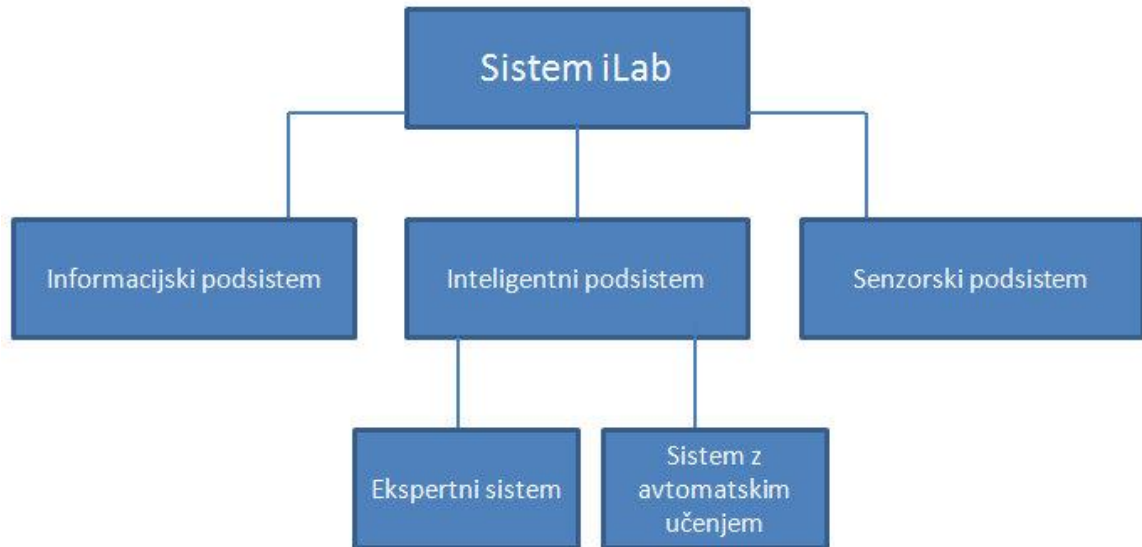
3.4 Kratek opis celotnega Sistema iLab

Glavni namen Sistema iLab ni samo nadzor nad opremo ampak tudi informacijska podpora laboratorija. V diplomskem delu opisujem pretežno nadzor nad opremo z Ekspertnim sistemom.

Sistem iLab je sestavljen iz treh podsistemov:

- Informacijski podsistem:
 - vodenje evidence opreme, vzorcev in procesov,
 - predstavitev podatkov v uporabniku pregledni obliki,
 - izvedba procesov, npr. pregled vzorca krvi.
- Inteligentni podsistem:
 - nadzor laboratorijskih prostorov, laboratorijske opreme in laboratorijskih vzorcev s pomočjo ekspertnih pravil - Ekspertni sistem,
 - zaznavanje izrednih dogodkov, katerih pravila v Ekspertnem sistemu ne zaznajo - Sistem z avtomatskim učenjem.
- Senzorski podsistem:
 - zajem okoljskih parametrov med delovanjem opreme

Vsi podsistemi so med seboj povezani preko podatkovne baze. Podatkovna baza shranjuje vse vnesene in zajete podatke. Na spodnji sliki je prikazana sestava Sistema iLab. Nadalje se bom osredotočil predvsem na opis Ekspertnega sistema kot dela Inteligentnega podsistema.



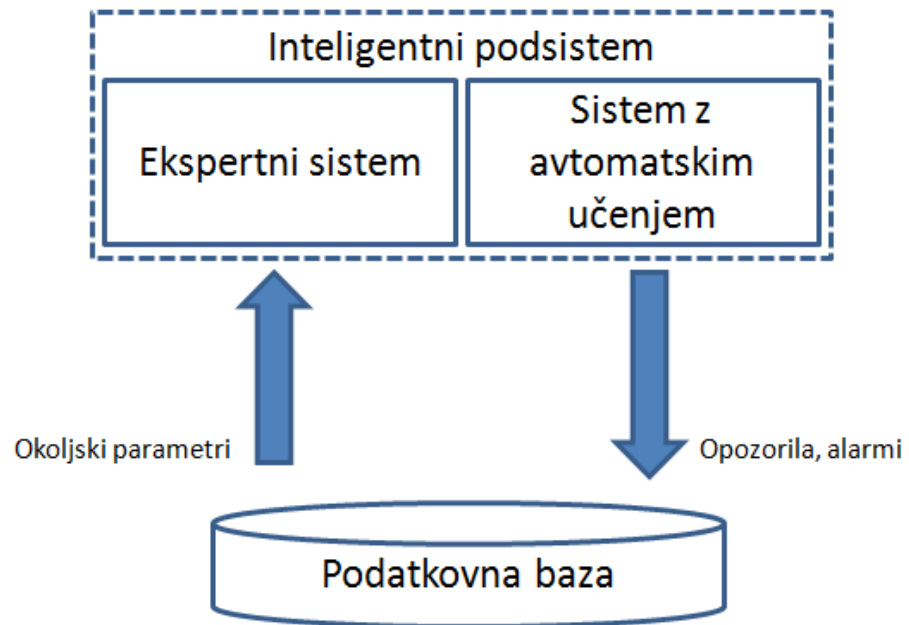
Slika 1: Zgradba Sistema iLab

3.4.1 Inteligentni podsistem

Na sliki 2 je prikazana struktura inteligentnega podsistema z Ekspertnim sistemom in sistemom z avtomatskim učenjem. Nalogi inteligentnega podsistema sta:

- neprekinjen nadzor okoljskih parametrov v laboratorijih z Ekspertnim sistemom, vrednosti okoljskih parametrov morajo biti znotraj mej določenih z ekspertnimi pravili,
- odkrivanje izrednih dogodkov v časovnih vrstah s pomočjo Sistema z avtomatskim učenjem, ta sistem zaznava take dogodke, ki so sicer v skladu s pravili Ekspertnega sistema.

Inteligentni podsistem izvaja analizo okoljskih parametrov kot so temperatura, vlažnost, svetlost ipd. V primeru odstopanja vrednosti parametrov od dovoljenih oziroma običajnih vrednosti sistem sproži alarm ali opozorilo ter poda pojasnilo o dogodku.



Slika 2: Intelligentni podsistem

Z ostalima podsistemoma inteligentni podsistem komunicira preko podatkovne baze.

Poglavje 4

Uporabljene tehnologije za razvoj Ekspertnega sistema

Za razvoj Ekspertnega sistema smo potrebovali zanesljive tehnologije, ki so hkrati tudi brezplačne. Tako smo se odločili za kombinacijo programskega jezika Java s podatkovnim strežnikom Microsoft Sql Server 2008 Express Edition.

4.1 Podatkovna baza

Kot podatkovno bazo sem pri razvoju ekspertnega sistema uporabil Microsoft SQL server 2008 Express Edition. Verzija SQL Strežnika je 2008, izdana je bila 6. avgusta 2008. SQL Server Express Edition je enostavnejša verzija SQL strežnika in je zastoj. Pri tej verziji ni omejitve glede števila podatkovnih baz ali števila uporabnikov, ki jih lahko ustvarimo. Je pa omejena na uporabo enega procesorja, 1GB pomnilnika in 4GB prostora na trdem disku. [8]

4.2 Programski jezik

Programski jezik, v katerem sem razvil Ekspertni sistem, je Java. Java so razvili pri Sun Microsystems, prvič je bila predstavljena v javnosti 23. maja 1995. Marca 1997 je Sun predstavil novo različico javanskega razvojnega kompleta, ki je nosil oznako 1.1. Java je do tega trenutka doživela kar precejšnje spremembe, podvojilo se je število razredov, dodali so standardno knjižnico za delo z zbirkami podatkov, prišlo pa je tudi do sprememb v jeziku samem (nov model obravnave dogodkov, nove rezervirane besede).

Sedaj je Java moderen programski jezik opremljen z bogato standardno knjižnico programskih struktur in funkcij (za delo z datotekami, za dostop do podatkovnih baz, za mrežne povezave, hkratno izvajanje več programov, grafične aplikacije, aplikacije vgrajene v brskalnike, itn.). [5]

4.3 Razvojno okolje

Kot razvojno okolje sem uporabil NetBeans različico 6.8. NetBeans vsebuje ogrodje Java za razvoj namiznih Java aplikacij in integrirano razvojno okolje (IDE) za razvoj aplikacij v različnih programskih jezikih kot so npr. JavaScript, PHP, Python, Ruby, C, C++ itd.

Integrirano razvojno okolje NetBeans je napisano v Javi in lahko deluje na več različnih operacijskih sistemih, kjer je nameščen javanski virtualni računalnik. [10]

4.4 Ekspertni sistemi na splošno

Ekspertiza je poglobljeno znanje na nekem ozkem področju. Ekspertni sistem:

- je inteligentni računalniški sistem, ki uporablja znanje in procedure sklepanja za reševanje problemov na načeloma ozkem strokovnem področju,
- na določenem omejenem področju lahko emulira sposobnost odločanja in reševanja problemov človeških izvedencev,
- so aplikacije, ki se obnašajo kot strokovnjaki na ozkem strokovnem področju.

Ekspertni sistem ni nadomestek za eksperte, vendar:

- omogoča širšo uporabo (dostopnost) njihovega znanja in ekspertiz,
- omogoča boljše delo ne-ekspertom,
- pomaga pri delu ekspertov.

Značilne zmožnosti ekspertnih sistemov so:

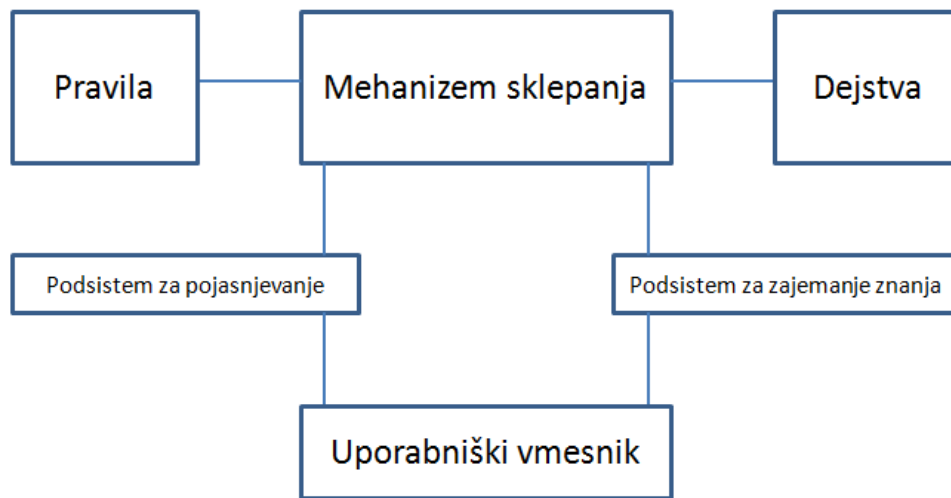
- sklepanje,
- presoja,
- delovanje pri nepopolnih oziroma nezanesljivih podatkih,
- pojasnjevanje delovanja in predlaganih rešitev (sledenje nazaj),
- za uporabnika 'prosojna' škatla, klasična aplikacija pa 'črna' škatla. [7]

4.4.1 Uporaba ES

Ekspertni sistemi se uporabljajo za:

- pomoč pri dojetanju oziroma spoznavanju pomena ali vsebine česa,
- vnaprejšnje določanje poteka oziroma pojavitev česa,
- ugotavljanje in določanje vzroka bolezni ali okvar na osnovi simptomov, ki jih je mogoče opazovati,
- načrtovanje in izdelovanje načrta za določen objekt,
- določanje ustreznih ukrepov, s katerimi bo mogoče doseči zadani cilj,
- predpisovanje in implementacija rešitev za določene pomanjkljivosti,
- pomoč pri obvladovanju določene učne snovi,
- itd.

4.4.2 Struktura ekspertnega sistema



Slika 3: Struktura ekspertnega sistema

4.4.3 Baza znanja

Baza znanja je osrednji del ekspertnega sistema, ki vsebuje:

- dejstva iz določene domene,
- pravila, ki opisujejo relacije med dejstvi,
- metode za reševanje problemov v tej domeni.

Znanje v bazi znanja je mogoče predstaviti z različnimi predstavitvenimi formalizmi: z okvirji, semantično mrežo ali s produkcijskimi pravili (to so pravila oblike če-potem).

4.4.4 Mehanizem sklepanja

Mehanizem sklepanja je podsistem, ki upravlja in nadzoruje delovanje celotnega ekspertnega sistema. Zadolžen je za aktivno uporabo znanja iz baze znanja, za manipuliranje s podatki, ki vstopajo v sistem, in za izpeljevanje ustreznih sklepov. Dve najpogosteje uporabljeni tehniki sklepanja sta:

- veriženje naprej: sistem izhaja iz množice znanih dejstev in s pomočjo produkcijskih pravil skuša priti do določenega sklepa oziroma cilja. Ta način se imenuje induktivno sklepanje,
- veriženje nazaj: sistem deluje nazaj od množice možnih sklepov oziroma ciljev in skuša najti dokaze (dejstva v bazi znanja), s katerimi bi podprl in preveril njihovo pravilnost. To je deduktivno sklepanje.

- veriženje nazaj: sistem deluje nazaj od množice možnih sklepov oziroma ciljev in skuša najti dokaze (dejstva v bazi znanja), s katerimi bi podprl in preveril njihovo pravilnost. To je deduktivno sklepanje.

4.4.5 Primera veriženja naprej in veriženja nazaj

Preprost primer veriženja naprej: denimo, da imamo 3 pravila:

- R1: Če 'je Medi priden' in 'je nedelja', potem 'Medi dobi sladoled'.
- R2: Če 'je nedelja', potem 'gremo na Bled'.
- R3: Če 'Medi dobi sladoled' in 'gremo na Bled', potem 'slaščičar Miki ima dobiček'.

Če najdemo dejstvi, da je Medi priden in da je nedelja, sklepamo, da Medi dobil sladoled (R1) in da se gre na Bled (R2). S pomočjo dobljenih sklepov sklepamo, da bo slaščičar Miki (ki je domnevno na Bledu) imel dobiček (R3).

Preprost primer veriženja nazaj: denimo, veljajo pravila R1, R2, R3. Če najdemo dejstvo, da ima slaščičar Miki dobiček (R3), predpostavljamo, da sta resnični trditvi, da je Medi dobil sladoled in da smo šli na Bled. Iz dejstva, da smo šli na Bled sklepamo, da je nedelja (R2). Iz dejstva, da je Medi dobil sladoled, pa sklepamo, da je Medi priden (R1). [6]

4.4.6 Prednosti uporabe ekspertnih sistemov

- hitrejši od človeka,
- rezultati so vedno konsistentni,
- lahko zajema znanje več ekspertov,
- se ne utruje, ni pod stresom,
- ohranja znanje (npr. ekspert lahko zapusti organizacijo).

4.4.7 Problemi in omejitve ekspertnih sistemov

- omejen pogled, obseg,
- nezmožnost samostojnega učenja na podlagi izkušenj,
- razvojni stroški,
- težave z vzdrževanjem,
- neuporabni v primerih, ko je potrebno širše znanje in subjektiven pristop k reševanju problema.

Poglavje 5

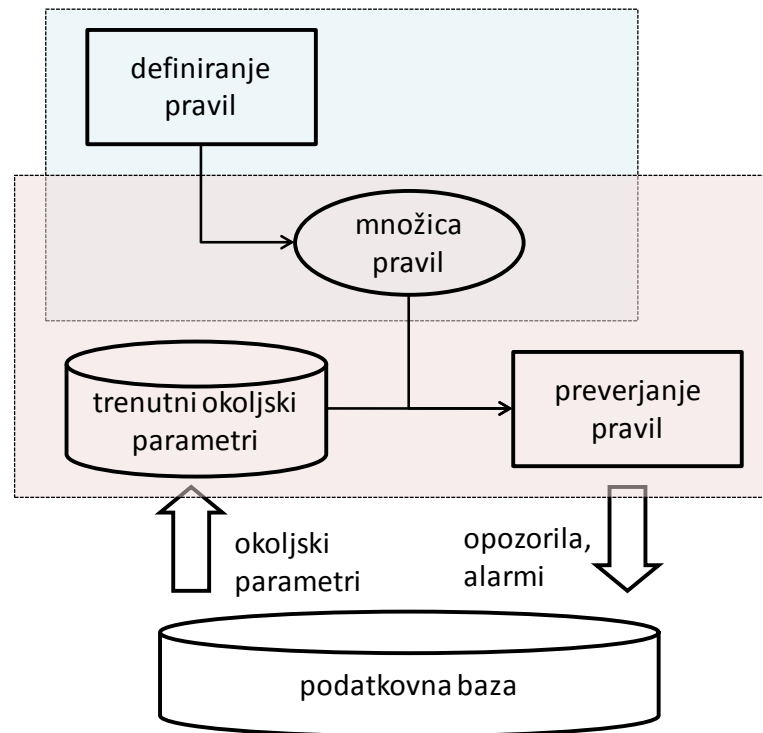
Razvoj Ekspertnega sistema po strukturnem pristopu

V poglavju je podrobno opisan razvoj Ekspertnega sistema po strukturnem pristopu. Strukturni pristop razvoja informacijskih sistemov je najstarejši, vendar še vedno pogosto uporabljan proces. Zgleduje se po standardnih postopkih razvoja tehničnih izdelkov, pri katerih si opravila v okviru aktivnosti sledijo zaporedno, med nekaterimi pa je možno ali celo zaželeno vzporedno opravljanje. Uvajati se je pričel v poznih šestdesetih in v začetku sedemdesetih letih kot rezultat naporov, da se v razvoj informacijskih sistemov uvede red z doslednim izvajanjem analize in načrtovanja. Osnovni cilj je bil zmanjšanje stroškov izgradnje in uvajanja informacijskih sistemov s poudarkom na stroških njihovega vzdrževanja.

5.1 Opis Ekspertnega sistema

Slika 4 predstavlja podrobnejšo strukturo Ekspertnega sistema, ki je namenjen opisu ekspertnega znanja za nadzor prostorov, opreme in vzorcev. Znanje je opisano v obliki množice pravil. Pravila opisujejo dovoljene oziroma zaželene pogoje, ki morajo veljati za prostore, opremo, vzorce, delavce. Primer: vlaga v prostoru ne sme preseči 50%. V primeru, da je eno od pravil kršeno, Ekspertni sistem sproži alarm oziroma opozorilo ter poda opis trenutnega stanja.

Za definiranje pravil sem razvil poseben uporabniški vmesnik, ki omogoča izbiro entitete, časovnih intervalov in pogojev. Komponenta za preverjanje pravil iz podatkovne baze dobiva podatke o trenutnih vrednostih okoljskih parametrov. Preverja veljavnost pravil glede na trenutne vrednosti v pogojih. V primeru kršenja pravil se opozorilo pokaže uporabniku in v podatkovno bazo se zapišejo ustrezne informacije o opozorilu.



Slika 4: Ekspertni sistem iLab

5.2 Opis problemske domene Ekspertnega sistema iLab – funkcionalne zahteve

Podjetje Lotrič d.o.o. želi razviti informacijski sistem, katerega naloga je oskrbovanje uporabnikov z vsemi potrebnimi informacijami za odločanje in izvedbo procesov v zdravstvenih laboratorijih.

5.2.1 Definiranje pravil v ekspertnem sistemu

Z Ekspertnim sistemom nadzorujemo postopke, ki jih ločimo na hrambe in obdelave. Pri hrambi gre za skladiščenje vzorcev, pri obdelavi pa npr. za kalibracijo laboratorijske opreme. Za nadzorovanje postopkov uporabnik v podatkovni bazi definira pravila, ki so vezana na le te.

Pravila so definirana posebej za hrambe in posebej za obdelave. Oblika pravil tako za obdelave kot za hrambe je naslednja:

- enačba: matematični izraz ki ga uporabnik definira na uporabniškem vmesniku,
- spodnja meja: to je meja, od katere meritev oz. vrednost enačbe ne sme biti manjša,

- zgornja meja: to je meja, od katere meritev oz. vrednost enačbe ne sme biti večja,
- datum dodajanja zapisa,
- operater dodajanja zapisa,
- datum spremembe zapisa,
- operater spremembe,
- parameter okolja,
- primer pravila: $(T - T[20] < 0.2^{\circ}\text{C})$. Razlika med trenutno vrednostjo okoljskega parametra in vrednostjo okoljskega parametra za dvajset meritev nazaj, ne sme biti večja od 0.2 stopinj celzija.

Uporabniški vmesnik Ekspertnega sistema uporabniku omogoča urejanje pravil.

5.2.2 Stalen nadzor

Meritve za aktivne postopke Ekspertni sistem lahko pridobiva iz različnih senzorjev – merilnih naprav. Tako imamo lahko npr. za nek aktiven postopek hrambe garniture vzorcev več senzorjev: temperatura 1 – na sredini hladilnika, temperatura 2 – na vrhu hladilnika, vlaga, svetloba ipd.

Ekspertni sistem bere podatke o meritvah, ki pripadajo aktivnim postopkom in preverja vsa ustrezna pravila. Ob morebitnem kršenju pravila izda opozorilo o izrednem dogodku.

5.2.3 Upravitelj izrednih dogodkov

Upravitelj omogoča uporabniku pregled nad vsemi izrednimi dogodki, ki so se v preteklosti zgodili.

Upravitelj je sestavljen iz dveh pregledov izrednih dogodkov in sicer:

- pregled nad dogodkom, ki ima najmlajši čas začetka in še nima časa konca imenujemo ga zadnji aktiven izredni dogodek,
- pregled nad vsemi izrednimi dogodki, ki so se do zdaj zgodili.

Uporabnik ima tudi možnost potrjevati izredne dogodke in možnost ogleda obširnega opisa izrednega dogodka. To pomeni, da se uporabnik seznanj z nekim aktivnim izrednim dogodkom in ga s klikom potrdi.

Poznamo več tipov izrednih dogodkov:

- kršeno pravilo,
- manjkajoče meritve,
- manjkajoče zakasnjene meritve.

Izrednih dogodki so v podatkovni bazi opisani z naslednjimi atributi:

- opis dogodka,
- datum začetka,
- datum konca,
- okoljski parameter,
- tip izrednega dogodka,
- številka delovnega naloga,
- številka postavke delovnega naloga, pri kateri se je izredni dogodek zgodil,
- merilna naprava, s katero merimo okoljske parametre.

5.3 Slovar izrazov

Prototip: označuje predhodno izdelane in navadno še nepopolne različice sistema ali dela sistema.

Sistem z avtomatskim učenjem: namenjen je prepoznavanju nenavadnih dogodkov v zvezi s prostori, opremo, vzorci, ki ne pokrivajo pravila v Ekspertnem sistemu.

Okoljski parametri: fizikalne količine, ki so zapisane v podatkovni bazi in katere Ekspertni sistem potrebuje za svoje pravilno delovanje. Npr. temperatura, vlaga, tresljaji, svetloba.

Kalibriranje: validacija posebnih merilnih tehnik in opreme.

Postopek: med postopke uvrščamo hrambe raznih vzorcev in obdelave opreme.

Hramba: hranjenje raznih vzorcev v za to namenjeni opremi. Npr. hramba vzorca krvi v hladilniku.

Obdelava: med obdelave lahko uvrščamo kalibracijo neke naprave. Npr. kalibracija merilne naprave v laboratoriju.

Podatkovna baza: je sklop zbirke dokumentov, medsebojnih sklicevanj na dokumente in sistema za razvrščanje, iskanje in urejanje podatkov v bazi. Podatkovna baza je torej tudi klasična knjižnica, a v vsakdanjem pogovoru baza pomeni računalniški sistem za hrambo podatkov.

Meritev: vrednost okoljskega parametra.

Merilna naprava: senzor namenjen merjenju nekega okoljskega parametra.

Garnitura vzorcev: več vzorcev, ki spadajo v isto skupino. Za neko garnituro vzorcev Ekspertni sistem lahko preverja pravila, ki so za garnituro definirana.

Postopek: postopek je lahko dveh tipov. Lahko gre za hrambo vzorcev, lahko pa gre za neko obdelavo npr. kalibracijo neke naprave. Aktiven postopek je tisti postopek, ki se trenutno izvaja in za katerega Ekspertni sistem preverja določena pravila.

Zakasnjene meritve: vrednost meritve okoljskega parametra izpred točno določenega časovnega intervala. Lahko se uporabljajo pri definiranju pravil v Ekspertnem sistemu.

IJS: Institut »Jožef Stefan«.

eEPC : Extended Event-Driven Process Chain. Je grafična metoda, s katero modeliramo poslovne procese v organizaciji.

5.4 Dodatne specifikacije – nefunkcionalne zahteve

Namen dodatnih specifikacij je definicija zahtev ekspertnega sistema. Dodatne specifikacije skupaj z modelom primerov uporabe tvorijo komplet nabor zahtev Ekspertnega sistema. [9]

Zanesljivost: Sistem iLab mora delovati neprestano in nemoteno. Izpad delovanja sistema lahko povzroči napačne podatke o kvaliteti vzorcev, lahko pa tudi povzroči da se okoljski parametri ne obdelujejo in preverjano pravočasno. Take zamude bi lahko tudi privedle do slabe kvalitete vzorcev oz. do neuporabnosti teh vzorcev.

Hitrost: ker Sistem iLab veliko uporablja podatkovno bazo je hitrost podatkovnega strežnika ključnega pomena za hitro delovanje aplikacije. Aplikacija potrebuje za svoje delovanje najmanj 1GB pomnilnika in vsaj 1500Mhz procesor.

Podpora: Sistem iLab je zasnovan modularno. Z drugimi sistemi komunicira preko podatkovne baze in je od njih neodvisen.

5.5 Analiza

Glavni namen analize je izdelati razumljiv opis realnega sveta oziroma poslovnega okolja, na katerega se nanaša razvoj informacijskega sistema. Analiza daje odgovor na vprašanje, kaj naj informacijski sistem podpira, kaj se izvaja v poslovnih funkcijah in kakšne podatke te rabijo. [9]

5.5.2 Opis entitet

Opis entitet je potreben za lažje razumevanje konceptualnega podatkovnega modela.

Naziv ent. tipa	Opis	Sinonim	Število entitet
Slokac	- Lokacije strank se uporabljajo pri opisu nahajališča vzorca in so del osnovnih podatkov vzorca. - Lokacija, kjer je nameščen vzorec kot merilo za spremljanje pogojev okolja.	Lokacija vzorca	Vsak vzorec ima določeno svojo lokacijo pri stranki. Isto lokacijo ima lahko več vzorcev.
Omeritve	Predstavlja seznam meritev, ki se v tabelo periodično beležijo iz različnih okolij (lokacij), kjer so nameščena merila (vzorci) za spremljanje okolja.	Okoljski parameter, meritev	Meritev pripada natanko enemu izmed definiranih ozajemov.
Ozajem	Predstavlja seznam vzorcev, ki na določeni lokaciji v laboratoriju spremljajo pogoje okolja.	Seznam vzorcev	Ozajemu lahko pripada nič ali več meritev v omeritvah.
Nalogi	Dokument se kreira ob sprejemu naročila in spremlja izvedbo postopka do končnega obračuna.	Nalog	Naenkrat imamo lahko odprtih več nalogov.
Oparam	Predstavlja nabor splošnih okoljskih parametrov.	Okoljski parameter	Število splošnih okoljskih parametrov ni omejeno.
Opostopk	Definicija spremljanja zahtevanih pogojev okolja za posamezen postopek.	Pravilo	Vsak postopek ima definirano lahko nič ali več pravil.
Vzorci	Seznam vzorcev. Predmeti merjenja, ki nastopajo v postopkih.	Vzorec	Več vzorcev lahko pripada eni garnituri vzorcev.
Opogoji	Pogoji hrambe tipa vzorca.	Pravilo hramba, pogoj Hramba	Vsaka hramba ima definirano lahko nič ali več pravil.
Npostavke	Postavke naloga vsebujejo osnovne podatke izvedbe nekega postopka.	Postavka delovnega naloga	En delovni nalog vsebuje lahko več postavk.
Postopki	Seznam postopkov, ki jih izvaja laboratorij.	Postopek	Obdelava ali hramba.
Vtipi	Uporabljajo se pri razvrščanju vzorcev in pri določanju postopkov.	Tip vzorca	Vsak vzorec pripada natanko enemu tipu vzorca.
Ntriger	Namen tabele je sporočanje inteligentnemu sistemu kdaj se postopek merjenja vzorca začne in konča.	Trigger	Vsak zapis v tabeli ustreza enemu aktivnemu postopku.
Nokolje	Dejanske vrednosti okolja ob izvedbi postopka.	Okolje	Vsako preverjanje pravila ima svoje vrednosti okolja.
Vlokac	Lokacija vzorca	Lokacija	Vsak vzorec ima svojo lokacijo.
Itipi	Tipi izrednih dogodkov.	Tip dogodka	Vsak izredni dogodek ima svoj tip.
Idogodki	Izredni dogodki, ki se sprožijo med preverjanjem pravil nad aktivnimi postopki.	Alarm, izredni dogodek.	Izredni dogodki se prožijo med delovanjem ES.

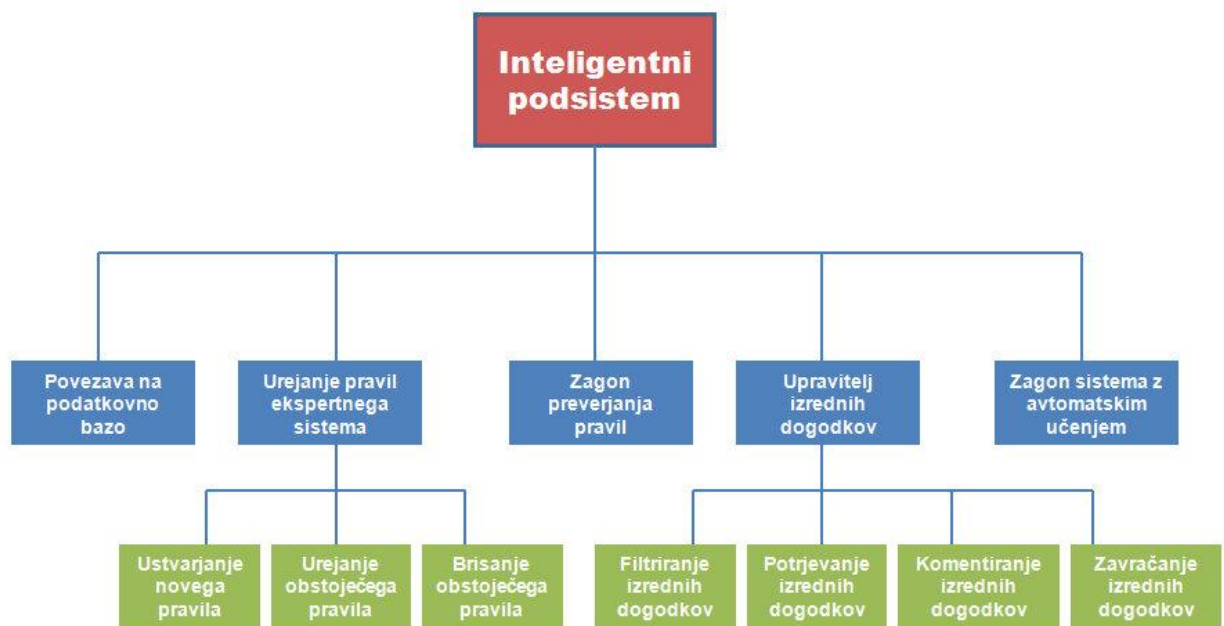
Tabela 1: Opis entitet

5.5.3 Procesni model

Procesni model prikazuje sistem z vidika aktivnosti ali procesov, ki se v sistemu izvajajo. V procesnem modelu lahko nastopajo tudi podatkovne strukture, ki jih procesi potrebujejo pri svojem delovanju. Za izdelavo procesnega modela uporabimo dve diagramski tehniki: diagram funkcionalne razgradnje in diagram podatkovnih tokov. Uporabimo lahko tudi procesni diagram. [9]

5.5.3.1 Diagram funkcionalne razgradnje

Z diagramom funkcionalne razgradnje prikažemo hierarhijo funkcij, ki jih želimo s sistemom podpreti. Hierarhijo funkcij lahko prikažemo na različne načine, najbolj običajno kot navpično hierarhijo. [9]



Slika 5: Diagram funkcionalne razgradnje Inteligentnega podsistema

5.5.3.2 Funkcionalna razgradnja sistema za preverjanje pravil



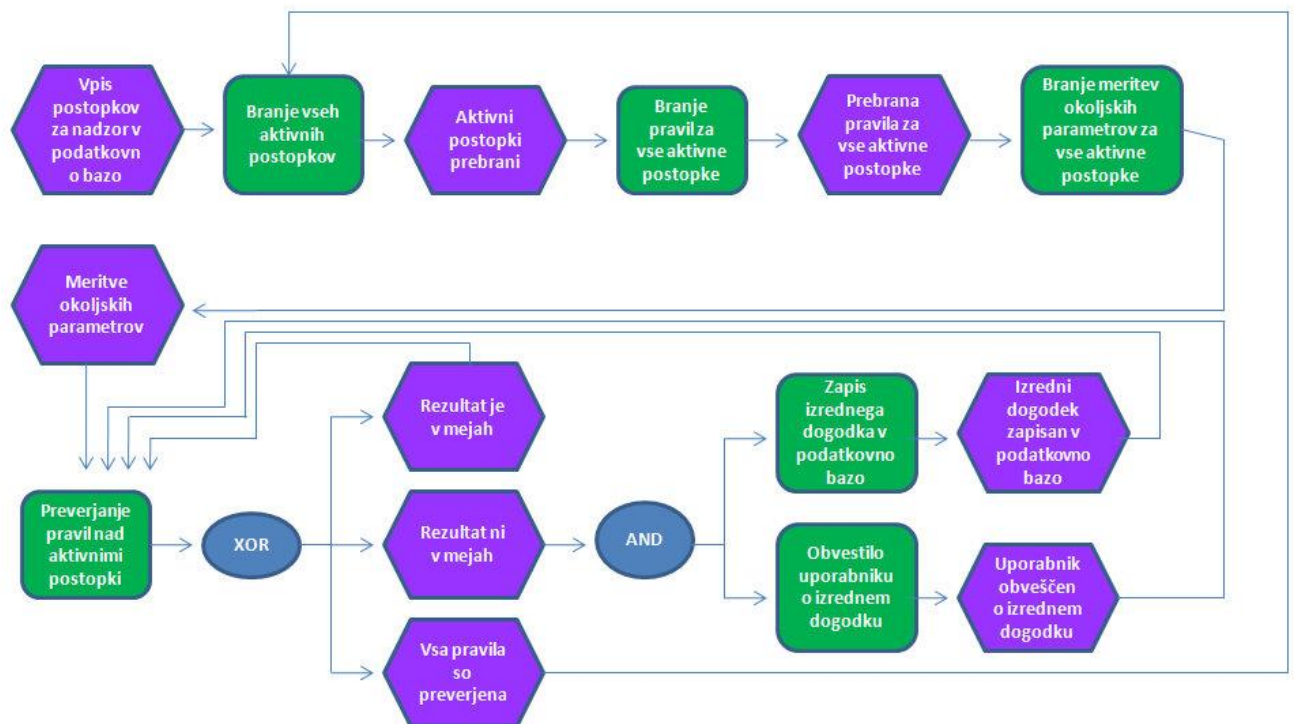
Slika 6: Funkcionalna razgradnja sistema za preverjanje pravil

5.5.4 Procesni diagram

Procesni diagram uporabimo, ko želimo prikazati tok dogodkov ali potek določenega procesa. Za modeliranje procesov obstajajo številne tehnike, ki se razlikujejo predvsem po številu gradnikov in notaciji. Diagrami eEPC spadajo med eno popularnejših tehnik modeliranja poslovnih procesov. [9]

5.5.4.1 Procesni diagram nadzora aktivnih postopkov

Na sliki 5 je procesni diagram za proces nadzora nad aktivnimi postopki.

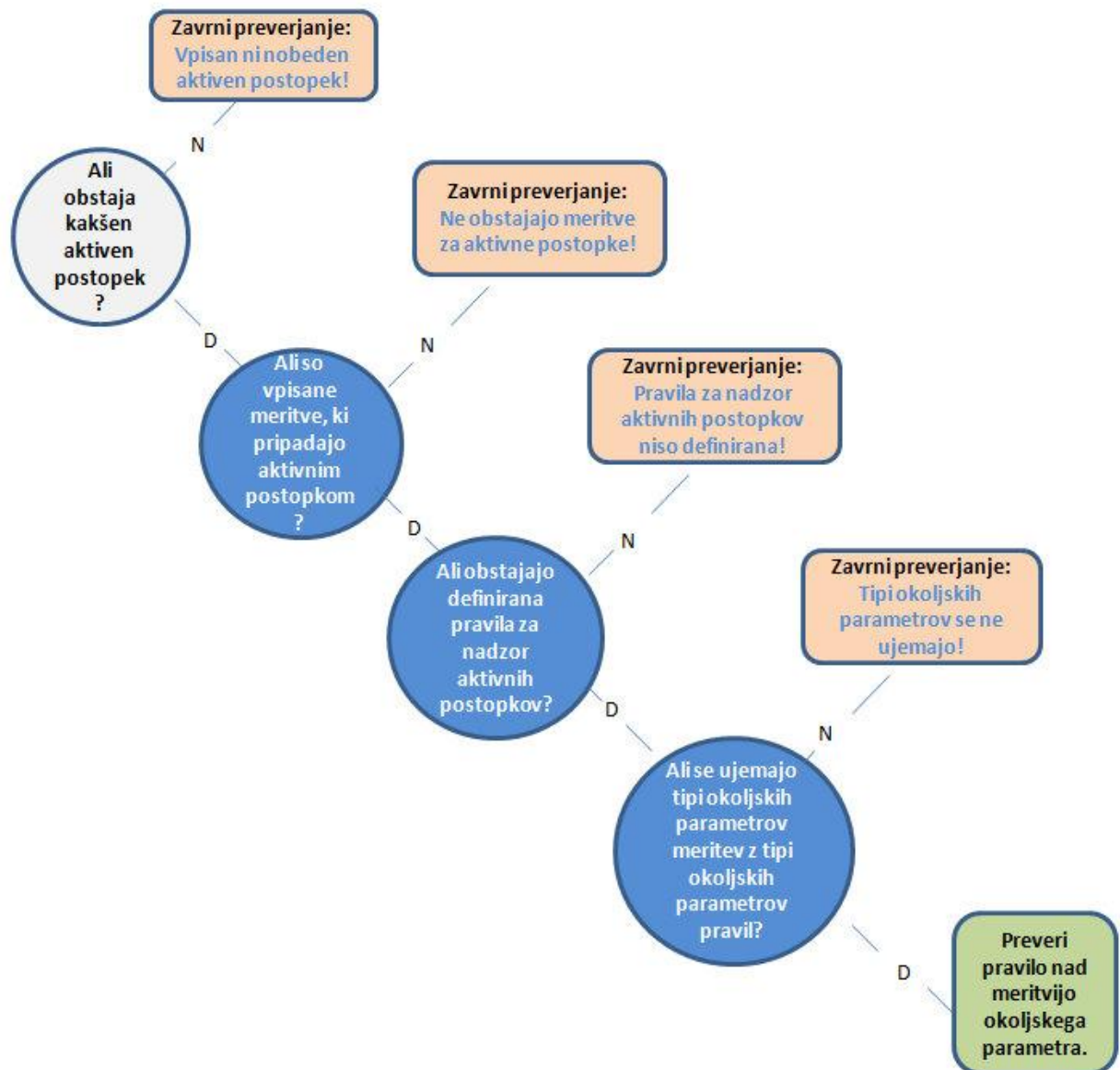


Slika 7: Procesni diagram nadzora aktivnih postopkov

5.5.5 Model procesne logike

Model procesne logike dopolnjuje procesni model. Osredotoči se na tiste procese, ki v procesnem modelu niso dovolj jasno opisani. [9]

5.5.5.1 Odločitveno drevo za proces nadzora aktivnih postopkov



Slika 8: Odločitveno drevo za proces nadzora aktivnih postopkov.

5.5.6 Predlog tehnične arhitekture ekspertnega sistema

V okviru analize ne analiziramo zgolj funkcionalnih zahtev, temveč tudi tehnične in druge nefunkcionalne zahteve. Na osnovi tega podamo predlog tehnične arhitekture sistema. V okviru predloga tehnične arhitekture sistema opredelimo strojno, komunikacijsko in programsko opremo, ki je potrebna za vzpostavitev ustreznega razvojnega, testnega in produkcijskega okolja. [9]

Strojna oprema: za uporabo Sistema iLab so minimalne zahteve: 1Gb pomnilnika, procesor z vsaj 1500Mhz in dostop do interneta zaradi uporabe podatkovnega strežnika.

Sistemska programska oprema: eden od operacijskih sistemov, ki podpira uporabo Java. (Microsoft Windows ali pa Linux).

Komunikacijska oprema: potrebna je mrežna kartica za dostop do oddaljenega podatkovnega strežnika.

Varnostne kopije: za varnostne kopije podatkov skrbi administrator podatkovnega strežnika.

5.5.7 Strategija testiranja Ekspertnega sistema

Predmet testiranja je Ekspertni sistem. Testno okolje je nameščeno na osebnih računalnikih razvijalcev. Ekspertni sistem potrebuje za svoje delovanje meritve okoljskih parametrov. Za testiranje se uporablja dejanske meritve okoljskih parametrov. Testiranje izvajajo programerji Ekspertnega sistema v okviru razvojnega okolja, kot testni podatkovni strežnik se uporablja enega izmed strežnikov na IJS, na katerem je nameščena aplikacija Microsoft SQL Server 2008. Potrebo je implementirati in napolniti s podatki testno podatkovno bazo. Ker se meritve okoljskih parametrov v realnem okolju zapisujejo v podatkovno bazo v določenih časovnih intervalih, smo za potrebe testiranja razvili simulator zapisovanja podatkov o meritvah v podatkovno bazo. Testiranje poteka v več iteracijah. Ko je posamezen del Ekspertnega sistema dokončan, ga testiramo in naredi se kratko poročilo o testu.

5.7 Objektni pristop - opis posameznih primerov uporabe

Objektni pristop k razvoju informacijskih sistemov se pojavi kot posledica uveljavitve objektnih programskih jezikov in objektnih tehnologij. Primer uporabe je zaporedje akcij, ki jih izvede sistem in dajo določenemu uporabniku nek rezultat. [9]

5.7.1 Povezava z podatkovno bazo - Osnovni tok

Primer uporabe se začne, ko želi uporabnik v laboratoriju uporabiti razne funkcije Ekspertnega sistema.

1. Uporabnik s klikom na gumb odpre vmesnik za povezavo na podatkovno bazo.
2. Vpiše podatke za vzpostavitev povezave z podatkovno bazo. Ti podatki so:
 - ime strežnika,
 - ime podatkovne baze na strežniku,
 - uporabniško ime,
 - geslo,
 - številka vrat.
3. S klikom na gumb se poveže s podatkovno bazo.

5.7.1.1 Alternativni tokovi

1. Eden izmed podatkov, katere vpiše uporabnik, je nepravilen:
uporabnik v osnovnem toku vpiše kakšen nepravilen podatek, potreben za povezavo s podatkovno bazo. Na uporabniškem vmesniku za povezavo se izpiše napaka.
2. Strežnik se ne odziva:
tudi, če uporabnik v osnovnem toku vpiše vse podatke pravilno, lahko pride do napake na strani strežnika. Na vmesniku za povezavo se izpiše napaka.

Predpogoji: zagnan uporabniški vmesnik Sistema iLab.

Po uporabi primera: uporabnik lahko po uporabi tega primera uporabe začne uporabljati ostale funkcionalnosti ekspertnega sistema.

5.7.2 Zagon upravitelja pravil Ekspertnega sistema in delo s pravili – Osnovni tok

Uporabnik s klikom na gumb zažene uporabniški vmesnik za vnos, urejanje in brisanje pravil, ki jih Ekspertni sistem preverja nad aktivnimi postopki. Primer uporabe se začne, ko uporabnik zažene uporabniški vmesnik za upravljanje s pravili Ekspertnega sistema.

1. Uporabnik izbere seznam pravil za postopke in klikne na enega izmed gumbov (naprej, nazaj) za pregled definiranih pravil za različne postopke, definirane v podatkovni bazi.
2. Za posamezno pravilo iz seznama se prikaže njegove osnovne podatke na uporabniškem vmesniku kot so: spodnja meja, vrednost enačbe in zgornja meja.
3. Uporabnik lahko nato ustvari novo pravilo (glej podtok A), ureja obstoječe pravilo (glej podtok B) in briše obstoječe pravilo (glej podtok C).
4. Sistem osveži prikaz.

3A.1 Uporabnik izbere parametre: ID postopka in ID okoljskega parametra.

3A.2 V vnosnih poljih vnese spodnjo in zgornjo mejo ter vrednost enačbe.

3A.3 S klikom na gumb »novo pravilo« se odpre potrditveno okno, na kateremu uporabnik potrdi ustvarjanje novega pravila.

3A.4 Na uporabniškem vmesniku se za pet sekund pojavi obvestilo uporabniku o uspešno ustvarjenem pravilu.

3B.1 Uporabnik se s klikom na gumb premika po seznamu pravil.

3B.2 Ko pride do želenega pravila, popravi vrednosti spodnja meja, zgornja meja in vrednost enačbe.

3B.3 Z klikom na gumb popravi obstoječe pravilo se odpre potrditveno okno na katerem uporabnik potrdi urejanje.

3B.4 Na uporabniškem vmesniku se za pet sekund pojavi obvestilo uporabniku o uspešno urejenem pravilu.

3C.1 Uporabnik klikne na gumb za brisanje pravila.

3C.2 Uporabniku se nato prikaže okno za potrditev brisanja.

3C.3 Uporabnik potrdi njegovo dejanje in tako se pravilo izbriše.

3C.4 Na uporabniškem vmesniku se za pet sekund pojavi obvestilo uporabniku o uspešno izbrisanem pravilu.

5.7.2.1 Alternativni tokovi

1. *V podatkovni bazi ni definiranih pravil za postopke:* če uporabnik v osnovnem toku zažene uporabniški vmesnik za urejanje pravil ekspertnega sistema in v seznamu postopkov ni prikazano nobeno pravilo, to pomeni da v podatkovni bazi ni shranjenega nobenega pravila za postopke. To se izpiše tudi na uporabniškem vmesniku.
2. *Ustvarjanje novega pravila – okoljski parameter ne nastopa v enačbi:* če v osnovnem toku uporabnik ustvari novo pravilo in v vrednost enačbe ne vpiše spremenljivke okoljskega parametra kot je to zahtevano, se na uporabniškem vmesniku za pet sekund izpiše napaka pri ustvarjanju novega pravila.
3. *Ustvarjanje novega pravila – v podatkovni bazi že obstaja pravilo s takimi parametri:* če v osnovnem toku uporabnik želi ustvariti novo pravilo in v podatkovni bazi že obstaja pravilo z enakimi parametri, se na uporabniškem vmesniku za pet sekund izpiše napaka pri ustvarjanju novega pravila.
4. *Ustvarjanje novega pravila – uporabnik ne potrdi ustvarjanja novega pravila:* če v osnovnem toku uporabnik želi ustvari novo pravilo in na potrditvenem oknu ustvarjanja novega pravila ne potrdi njegovega dejanja se novo pravilo ne ustvari.
5. *Urejanje pravila – okoljski parameter ne nastopa v enačbi:* če v osnovnem toku uporabnik želi urediti neko že obstoječe pravilo in ne vpiše pravilnega okoljskega parametra kot je to zahtevano, se na uporabniškem vmesniku za pet sekund izpiše napaka pri urejanju pravila.

6. *Urejanje pravila – v podatkovni bazi že obstaja pravilo s takimi parametri:* če v osnovnem toku uporabnik želi urediti neko že obstoječe pravilo in sistem v podatkovni bazi najde pravilo z enakimi parametri, se na uporabniškem vmesniku za pet sekund izpiše napaka pri urejanju pravila.
7. *Urejanje pravila – uporabnik ne potrdi urejanja pravila:* če v osnovnem toku uporabnik želi urediti obstoječe pravilo in na potrditvenem oknu urejanja pravila ne potrdi njegovega dejanja se urejanje ne izvrši.
8. *Brisanje pravila – uporabnik ne potrdi brisanja pravila:* če v osnovnem toku uporabnik želi izbrisati neko obstoječe pravilo in na potrditvenem oknu brisanja pravila ne potrdi njegovega dejanja, se brisanje ne izvrši.

Predpogoji: predpogoj je aktivna povezava z podatkovno bazo. Za prikaz pravil je potrebno pravila vpisati v podatkovno bazo.

Po uporabi primera: če je uporabnik izvedel kakšno spremembo obstoječih pravil ali morda ustvaril kakšno novo pravilo to vpliva na preverjanje pravil aktivnih postopkov.

5.7.3 Zagon upravitelja izrednih dogodkov, filtriranje izrednih dogodkov in potrjevanje izrednih dogodkov – Osnovni tok

Uporabnik s klikom na gumb zažene uporabniški vmesnik za upravljanje izrednih dogodkov. Na uporabniškem vmesniku ima možnost filtriranja in potrjevanja izrednih dogodkov. Primer uporabe se začne, ko uporabnik zažene upravitelja izrednih dogodkov.

1. Uporabnik zažene upravitelja izrednih dogodkov.
2. Upravitelj prikaže tabelo zadnjega aktivnega izrednega dogodka in tabelo vseh izrednih dogodkov.
3. Uporabnik lahko filtrira seznam izrednih dogodkov (glej podtok A) in potrjuje izredne dogodke (glej podtok B).
4. Sistem osveži prikaz.

3A.1 Uporabnik izbere za filter datum začetka izrednega dogodka.

3A.2 Odpre se okno za izbiranje datuma.

3A.3 Uporabnik izbere želeni datum.

3A.4 Datum se vpiše v vnosno polje »datum od«.

3A.5 Sistem osveži podatke v tabelah izrednih dogodkov.

3B.1 Uporabnik se s kurzorjem postavi na željeni izredni dogodek v tabeli vseh izrednih dogodkov.

3B.2 Uporabnik klikne z desnim miškinim gumbom na polje v tabeli.

3B.3 Prikaže se plavajoče okno.

3B.4 Uporabnik izbere potrjevanje izrednega dogodka.

3B.5 Prikaže se potrditveno okno z možnostjo potrditve in preklica.

3B.6 Uporabnik potrdi dejanje.

3B.7 Sistem osveži seznam.

5.7.3.1 Alternativni tokovi

1. *Filtriranje seznama izrednih dogodkov – vnos napačne oblike datuma:* če v osnovnem toku uporabnik želi filtrirati prikaz izrednih dogodkov in v vnosno polje za datum začetka izrednega dogodka vnese nepravilen format datum, sistem prikaže okno z opozorilom o napaki.
2. *Potrjevanje izrednih dogodkov – nepotrditev dejanja:* če želi v osnovnem toku uporabnik potrditi izredni dogodek, na potrditvenem oknu, ki se odpre, pa ne potrdi njegovega dejanja, se izredni dogodek ne bo potrdil.
3. *Potrjevanje izrednih dogodkov – že potrjen izredni dogodek:* če želi v osnovnem toku uporabnik potrditi izredni dogodek, ki je že bil potrjen, sistem odpre okno z opozorilom uporabniku, da je izredni dogodek že potrjen.

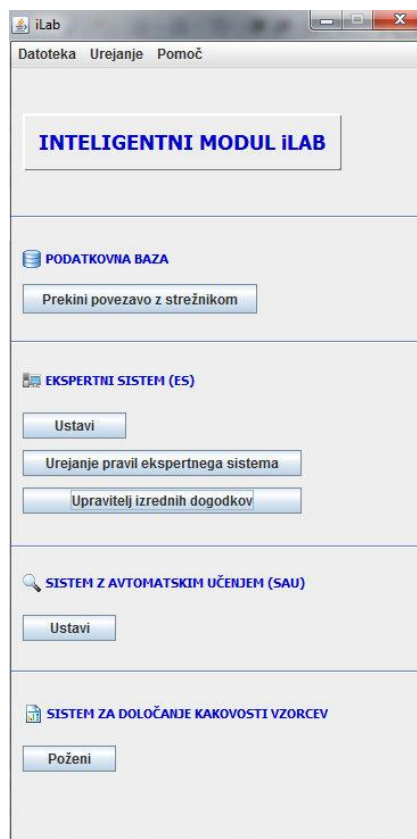
Predpogoji: predpogoj je aktivna povezava s podatkovno bazo.

Po uporabi primera: če je uporabnik izvedel kakšno spremembo obstoječih izrednih dogodkov, se to zapiše v podatkovno bazo in osveži prikaz seznama izrednih dogodkov.

Poglavje 6

Uporabniški vmesnik inteligentnega podsistema

V tem poglavju so prikazane zaslonske slike uporabniškega vmesnika Inteligentnega podsistema. Vsaki sliki je dodan tudi opis z katerim so pojasnjene različne funkcionalnosti podsistema.



Slika 10: Začetni uporabniški vmesnik

Zgornja slika nam prikazuje izgled aplikacije ob zagonu. Aplikacija še ni povezana s podatkovno bazo, zato na sliki še niso aktivni vsi gumbi. Če želi uporabnik pričeti z delom se mora povezati na strežnik. To stori tako, da klikne na gumb »Povezava s podatkovno bazo« in odpre se mu pomožni uporabniški vmesnik za povezavo. Na tem uporabniškem vmesniku mora uporabnik vpisati razne podatke potrebne za uspešno vzpostavitev povezave. Ti podatki so: ime strežnika, ime podatkovne baze, uporabniško ime, geslo in številka vrat.

Po uspešni povezavi na podatkovni strežnik postanejo aktivni vsi gumbi na uporabniškem vmesniku. Uporabnik lahko prične z uporabo aplikacije.

6.1 Upravitelj pravil Ekspertnega sistema

Upravitelj pravil Ekspertnega sistema omogoča uporabniku pregled med pravili definiranimi v podatkovni bazi. Uporabnik lahko z uporabo vmesnika dodaja nova pravila, popravlja obstoječa opravila in briše pravila iz podatkovne baze.

Pravila so definirana v obliki: spodnja meja, vrednost in zgornja meja.



Slika 11: Oblika pravila

The screenshot shows the 'iLab - Upravitelj pravil' application window. At the top, it displays 'Zaporedna številka pravila: Postopek: 34' with navigation buttons. Below this are two main sections: 'Postopek' (selected) and 'Hramba'. The 'Postopek' section contains fields for 'Šifrant pravil', 'ID postopka' (value: 1), 'Naziv' (value: Kalibracija), 'ID Ok. parameter' (value: 4), 'Naziv' (value: Meter), and 'Formula' (value: M). The 'Hramba' section contains fields for 'Šifrant pravil', 'ID tipa vzorca', 'Naziv', 'ID Ok. parameter', 'Naziv', 'Formula', and 'ID postopka'. At the bottom is a table for 'Urejanje pravila' (Rule Management) with columns: 'Novo pravilo', 'Sp. Meja', 'Vrednost', 'Zg. Meja', 'Interval (s)', and 'Kritičnost'. The table shows one rule with 'Sp. Meja' 1.0, 'Vrednost' M, 'Zg. Meja' 11.0, 'Interval (s)' 0, and 'Kritičnost' 4. Below the table are buttons for 'Popravi pravilo', 'Briši pravilo', and 'Prkaži zadnje obvestilo'.

Slika 12: Upravitelj pravil

6.2 Upravitelj izrednih dogodkov

Filtri

Aktivni dogodki
 Neaktivni dogodki
 Aktivni in neaktivni dogodki

Potrjena opozorila
 Nepotrjena opozorila
 Potrjena in nepotrjena opozorila

Začetek OD: [] [] 00:00:00 [] [] Začetek DO: [] [] 00:00:00 [] []
 Konec OD: [] [] 00:00:00 [] [] Konec DO: [] [] 00:00:00 [] []
 Potrjen OD: [] [] 00:00:00 [] [] Potrjen DO: [] [] 00:00:00 [] []

Postavka ID: [] *
 Pravilo ID: Postopek [] *
 Hramba [] *
 Okoljski parameter: [] * []

Zadnjih 24 ur
 Zadnji teden
 Zadnji mesec

Zadnji aktiven izredni dogodek

Zap.št	Info	Izredni dogodek	Začetek	Konec	Opozorilo	Kritičnost	Čas potrditve	Zavrni	Graf
49236309		Manjkajoce tekoce...	11:14:46.913 / 20...		Manjkajoce tekoc...		10:59:30.0 / 22-0...		

Vsi izredni dogodki

Zap.št	Info	Izredni dogodek	Začetek	Konec	Opozorilo	Kritičnost	Čas potrditve	Zavrni	Graf
49236309		Manjkajoce tekoce...	11:14:46.913 / 20...		Manjkajoce tekoc...		10:59:30.0 / 22-0...		
49236308		Manjkajoce tekoce...	11:14:46.787 / 20...		Manjkajoce tekoc...		10:59:33.0 / 22-0...		
49236311		SAU 2	14:17:59.68 / 19...	14:53:31.107 / 19...	SAU 2		10:59:36.0 / 22-0...	<input type="button" value="Označi kot lažni izr. dogodek"/>	
49236313		SAU 2	14:17:59.43 / 19...	14:53:30.987 / 19...	SAU 2		10:59:38.0 / 22-0...	<input type="button" value="Označi kot lažni izr. dogodek"/>	
49236307		Manjkajoce tekoce...	13:49:32.63 / 18...	13:49:35.64 / 18...	Manjkajoce tekoc...		10:59:41.0 / 22-0...		
49236306		Manjkajoce tekoce...	20:31:54.813 / 17...	20:32:16.937 / 17...	Manjkajoce tekoc...		10:59:44.0 / 22-0...		

Slika 13: Upravitelj izrednih dogodkov

Upravitelj izrednih dogodkov omogoča uporabniku pregled in upravljanje z izrednimi dogodki. Z nadzorom nad okoljskimi parametri se morebitni sproženi izredni dogodki (alarmi, opozorila) uporabniku prikažejo na zaslonu.

Upravitelj izrednih dogodkov je sestavljen iz filtrov za filtriranje prikaza izrednih dogodkov, tabele zadnjega aktivnega izrednega dogodka in tabele vseh izrednih dogodkov, ki so se do sedaj zgodili. V obeh tabelah lahko preberemo podatke o izrednem dogodku na primer: zaporedna številka, tip izrednega dogodka, začetek in konec izrednega dogodka, opozorilo, stopnja kritičnosti, čas potrditve (če je uporabnik dogodek potrdil). Za hiter ogled podrobnejšega opisa izrednega dogodka se lahko uporabnik postavi z miškinim kazalcem na ikono »info«. Prikaže se plavajoči opis izrednega dogodka.

Poglavje 7

Sklepne ugotovitve

V diplomskem delu sem opisal razvoj Inteligentnega informacijskega sistema v laboratorijih – Sistema iLab, katerega glavna naloga je informacijska podpora delovnega procesa v laboratorijih.

Razvili smo delujoč prototip Sistema iLab, s katerim lahko nadzorujemo vrednosti okoljskih parametrov izmerjenih med delovanjem opreme v realnem času. Uporabniku prijazen uporabniški vmesnik pa nam omogoča definiranje ekspertnih pravil in nadzor nad izrednimi dogodki.

Med razvojem Sistema iLab sem se naučil veliko novih stvari. Predvsem sem izboljšal moje znanje s področja relacijskih podatkovnih baz in znanje s področja programiranja uporabniku prijaznih namiznih aplikacij. Sodeloval sem tudi pri načrtovanju Inteligentnega podsistema pri katerem sem uporabil in izboljšal znanja s področja razvoja informacijskih sistemov pridobljena med študijem. Razvoj Inteligentnega podsistema je bil kar zahteven, ker so se ideje in izboljšave med razvijanjem spreminjale. Ugotovil sem, da jasno postavljeni realni cilji med zajemom specifikacij in zahtev bistveno pripomorejo k lažjemu kasnejšemu razvijanju.

Sistem iLab je zanimiv predvsem za zdravstvene laboratorije, saj tam hranijo vzorce in razne proizvodne sestavine, ki so lahko zelo občutljive na okoljske vplive. Z uporabo Sistema lahko vzorcem podaljšamo rok trajanja oziroma preprečimo odpis sestavin in s tem pripomoremo k čistejšemu okolju, kar je v današnjih časih zelo pomembno. Sistem iLab sem predstavil tudi na 2. študentski konferenci Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana »Z znanjem do inovativnih rešitev. Si kos izzivu?«, kjer smo študentje predstavili projekte, na katerih delamo.

Poglavje 8

Priloge

8.1 Prispevek na 2. študentski konferenci Mednarodne podiplomske šole Jožefa Stefana »Z znanjem do inovativnih rešitev. Si kos izzivu?«

8.1.1 Članek

Nadzor delovanja laboratorijske opreme

Blaž Mahnič¹, Domen Marinčič¹

¹ Odsek za inteligentne sisteme, Institut Jožef Stefan, Ljubljana

{blaz.mahnic, domen.marincic}@ijs.si

Nadzor nad hrambo vzorcev v laboratorijih je zelo pomemben, saj lahko že zelo majhna napaka povzroči veliko škode. Eden izmed ključnih elementov za optimalno delovanje laboratorija je stalen nadzor nad delovanjem laboratorijske opreme. Neprestano delovanje predstavlja za opremo (npr. hladilne skrinje) velik izziv. Za optimalno delovanje laboratorija je poleg primarnega shranjevanja materialov nujno tudi nadzorovanje delovanja opreme in hranjenje podatkov o vzorcih, zdravilih, pacientih in opremi. Meritve okoljskih parametrov v laboratorijih potekajo s pomočjo raznih merilnih naprav, ki v določenih časovnih intervalih zapisujejo podatke o izmerjenih vrednostih v podatkovno bazo.

Za nadzor nad vrednostmi teh meritev smo razvili sistem iLab, ki temelji na uporabi teorije ekspertnih sistemov [1]. Znanje potrebno za pravilno delovanje ekspertnega sistema je opisano v obliki množice pravil, ki jih uporabnik vnese v sistem s pomočjo uporabniškega vmesnika. Pravila opisujejo dovoljene oziroma zaželjene pogoje, ki morajo veljati za prostore, opremo, vzorce, in delavce, na primer: temperatura v prostoru P ne sme preseči 15 °C. V primeru, da je eno od pravil kršeno, ekspertni sistem sproži alarm oziroma opozorilo ter poda opis trenutnega stanja uporabniku preko grafičnega vmesnika.

Rezultat dela je ekspertni sistem z uporabniku prijaznim uporabniškim vmesnikom. Sistem deluje tako, da uporabnika opozori o nepravilnosti delovanja opreme. V tesni povezavi z delovanjem opreme se nadzoruje tudi področje analize in shranjevanja vzorcev. To pomeni, da v primeru, ko oprema ne deluje dobro, lahko dvomimo v kakovost vzorcev in ne smemo zaupati rezultatom analiz.

Razvit prototip je primeren za uporabo v različnih laboratorijih [2], od zasebnih do javnih (v bolnišnicah, zdravstvenih domovih in veterinarskih postajah). Uporaba take aplikacije lahko bistveno zmanjša stroške hranjenja vzorcev in s skoraj optimalnim shranjevanjem zagotavlja in ohranja kakovost vzorcev.

Literatura:

[1] J. C. Giarratano and G.D. Riley. *Expert Systems, Principles and Programming*. Thomson Course Technology, 2005.

[2] J.E.H Stafford. *Advanced LIMS Technology, Case Studies and Business Opportunities*. Kluwer Academic Publishers, 1995.

8.1.2 Poster



MEDNARODNA
PODIPLOMSKA ŠOLA
JOŽEFA STEFANA

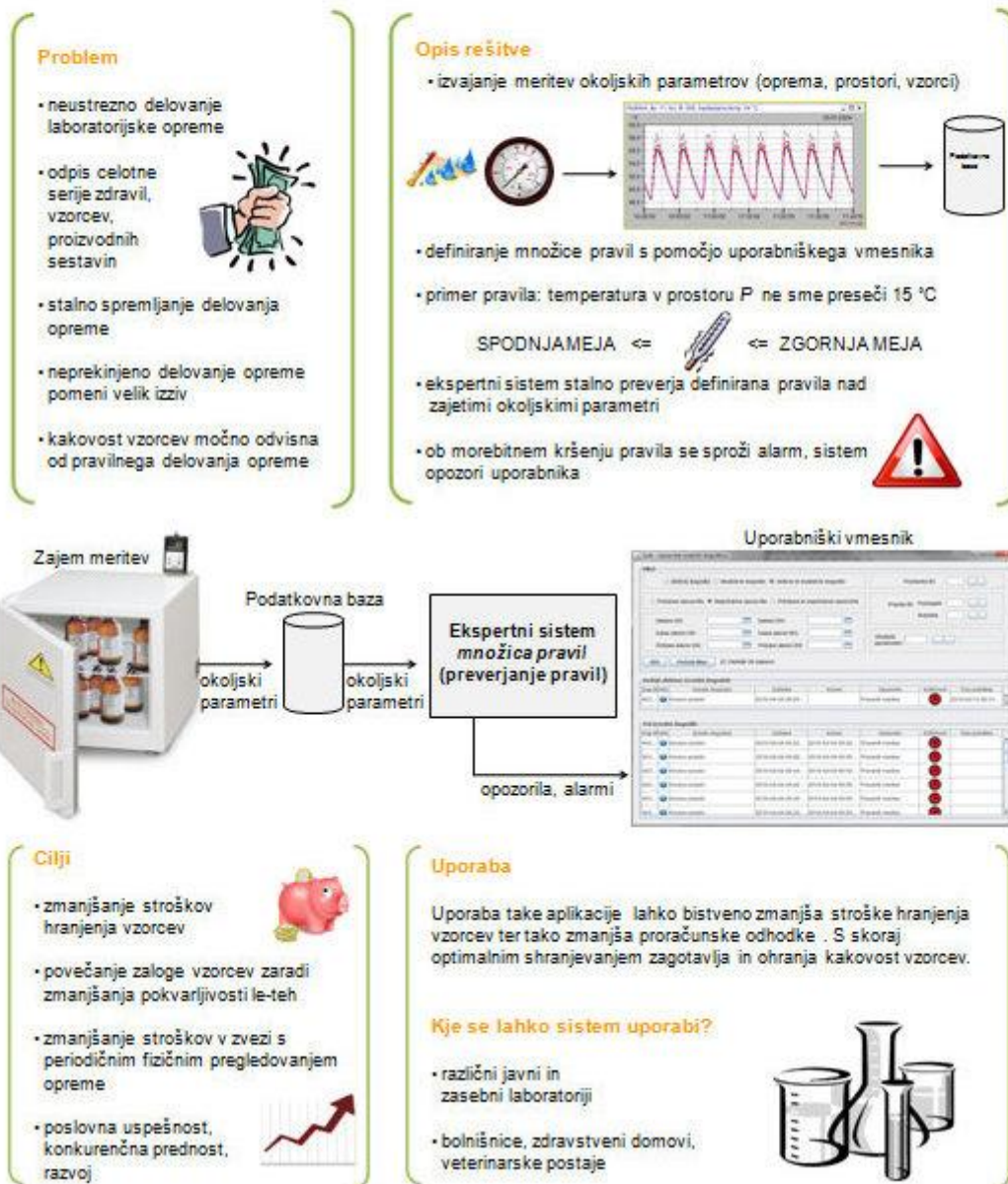
JOŽEF STEFAN
INTERNATIONAL
POSTGRADUATE SCHOOL



Nadzor delovanja laboratorijske opreme

Blaž Mahnič

Študijski program: Visokošolski strokovni - smer informatika,
Fakulteta za računalništvo in informatiko v Ljubljani
MENTOR: dr. Domen Marinčič
Inštitut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana



Slika 14: Poster Sistem iLab

Poglavje 9

Viri in literatura

- [1] (2010) Epi spektrum d.o.o., informacijski sistemi LIMS. Dostopno na:
<http://www.epi-spektrum.si/?nStran=vsebina&mid=58>
- [2] (2010) Kefo d.o.o., LIMS. Dostopno na:
http://www.kefo.si/datoteke/SLIMS_prospekt6.pdf
- [3] (2010) LabSoft LIMS. Dostopno na:
<http://www.labsoftlims.com/Features/capabilities.htm>
- [4] (2010) An Introduction to LIMS. Dostopno na:
<http://www.limsources.com/intro.html>
- [5] (2008) Programski jezik Java. Dostopno na:
<http://wiki.fmf.uni-lj.si/wiki/Java>
- [6] (2010) Ekspertni sistemi. Dostopno na:
http://colos.fri.unilj.si/ERI/RACUNALNISTVO/INFORMATIKA/ekspertni_sistemi.html
- [7] (2008) Ekspertni sistemi. Dostopno na:
http://www.e-studij.si/Ekspertni_sistemi
- [8] (2010) Sql Server Express. Dostopno na:
http://en.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Express
- [9] (2010) Razvoj informacijskih sistemov. Dostopno na:
http://bajecm.fri.uni-lj.si/downloads/RIS_VSP_v2009_01.pptx
- [10] (2010) Net Beans. Dostopno na:
<http://en.wikipedia.org/wiki/NetBeans>