

UDK 69.009.187:004.27

Primljeno 8. 3. 2004.

Podrška ekspertnog sustava *e-Laboratorij* poslovnim sustavima u graditeljstvu

Tomislav Svaguša

Ključne riječi

ekspertni sustav,
laboratorijska ispitivanja,
graditeljstvo,
Internet,
baza znanja,
e-poslovni sustavi

Key words

expert system,
laboratory testing,
civil engineering,
Internet,
knowledge base,
e-business systems

Mots clés

système expert,
essais en laboratoire,
génie civil,
Internet,
base de savoir,
systèmes de gestion
électroniques

Ключевые слова

экспертная система,
лабораторные
испытания,
строительство,
Интернет,
база знания,
э-деловые системы

Schlüsselworte

duktile Wand,
Steg,
Diagonalbewehrung,
Querkraft,
Bemessung,
Fachwerkmodell,
Stabgitter

T. Svaguša

Stručni rad

Podrška ekspertnog sustava *e-Laboratorij* poslovnim sustavima u graditeljstvu

Prikazana je podrška ekspertnog sustava *e-Laboratorij* poslovnim sustavima za nadzor, projektiranje, održavanje građevina, istraživanje i razvoj koji svi skupa predstavljaju primjere praktične primjene informacijske tehnologije u inženjerskoj praksi. Pokazano je da se podrška sustava *e-Laboratorij* ogleđa u pružanju usluge laboratorijskog ispitivanja čija provedba i praćenje se organizira u Internet okolini te u iskorištavanju baze znanja o materijalima i postupcima ispitivanja.

T. Svaguša

Professional paper

E-Laboratory expert system's assistance to business systems in construction industry

The assistance provided by the *e-Laboratory* expert system to business systems for the supervision, design, structural maintenance, research and development is presented. When combined, these systems become veritable examples of practical use of information technology in engineering practice. The supporting action of the *e-Laboratory* system consists in provision of laboratory testing services, the realization and monitoring of which is organized in an Internet environment, using an appropriate knowledge base about materials and testing procedures.

T. Svaguša

Ouvrage professionnel

L'assistance du système expert *e-Laboratoire* aux systèmes de gestion utilisés en génie civil

Le soutien fourni par le système expert *e-Laboratoire* aux systèmes de gestion pour surveillance, études, entretien de structures, recherche et développement, est présenté. Quand ces systèmes sont combinés, ils deviennent de bonnes exemples de l'emploi de l'informatique dans le travail pratique des ingénieurs. Le rôle de support tenu par le système *e-Laboratoire* consiste en fourniture de services d'essais en laboratoire, dont la réalisation et la surveillance sont organisées dans l'environnement d'Internet en utilisant une base de savoir des matériaux et des procédures d'essai.

T. Svaguša

Отраслевая работа

Поддержка экспертной системы *e-Laboratorij* деловыми системами в строительстве

В работе показана поддержка экспертной системы *e-Laboratorij* деловым системам по надзору, проектированию, уходу за объектами, исследование и развитие, которые все вместе представляют примеры практического применения информатической технологии в инженерной практике. Показано, что поддержка системы *e-Laboratorij* отражается в предоставлении услуг при лабораторных испытаниях, проведение и наблюдение над которыми организуется в Интернет-окружающей среде, а также в использовании базы знания о материалах и способах испытаний.

T. Svaguša

Fachbericht

Unterstützung von Geschäftssystemen im Bauwesen durch das Expertensystem *e-Laboratorium*

Dargestellt ist die Unterstützung der Geschäftssysteme für Aufsicht, Projektierung und Wartung, sowie auch Forschung und Entwicklung, im Bauwesen, durch das Expertensystem *e-Laboratorium*. Das sind Beispiele für die praktische Anwendung der informatischen Technologie in der Ingenieurpraxis. Man zeigt dass sich die *e-Labor*-Unterstützung in der Darbietung der Dienstleistung in Laborprüfungen, deren Durchführung und Monitoring man in Internet-Umgebung organisiert, sowie in der Ausnützung der Kenntnisbase über Baustoffe und Prüfungsverfahren spiegelt.

Autor: Tomislav Svaguša, dipl. ing. stroj., Institut građevinarstva Hrvatske, Rakušina 1, Zagreb

1 Uvod

Ekspertni je sustav za laboratorijska ispitivanja, *e-Laboratorij*, sustav koji omogućava upravljanje i provedbu laboratorijskih radnih procesa uz pomoć računala Internet okolini i koji služi za stvaranje baze ekspertnog znanja unutar područja laboratorijskih ispitivanja materijala, proizvoda i konstrukcija u graditeljstvu. Razvoj ekspertnog sustava temelji se na najnovijim informacijskim tehnologijama vodećih svjetskih proizvođača: *Metastorm e-Work*, sustav za automatizaciju i upravljanje poslovnim procesima; *Computhink e-ViseWise*, sustav za upravljanje dokumentacijom; Oracle, relacijska baza podataka *Oracle 8i*. Pritom *e-Work* sustav omogućava automatizaciju rada i upravljanja radnim procesima u laboratoriju, a *e-ViewWise* sustav omogućava pohranu dokumentacije ispitivanja, crteža i slika u digitalnom obliku. Oba sustava pritom rade putem računalne Internet ili Intranet komunikacije. Ekspertni sustav *e-Laboratorij* pruža jedinstvenu organizaciju poslovnog procesa za sve različite vrste laboratorija u graditeljstvu omogućavajući uporabu u svim laboratorijima istodobno, uz zadovoljavanje

svih specifičnih zahtjeva. Baza znanja ekspertnog sustava osigurava primjenu znanja u radnim procesima zajedno s aktivnim usvajanjem novog znanja koje se pojavljuje u poslovnom procesu. Ekspertni sustav *e-Laboratorij* projektiran je da zadovolji zahtjeve svih 28 laboratorija IGH, pokrivajući 25 područja ispitivanja u graditeljstvu.

2 Okviri ekspertnog sustava *e-Laboratorij* [1]

Glavna karakteristika ekspertnog sustava jest pokrivanje širokog područja ispitivanja u graditeljstvu koje provode različiti laboratoriji IGH, rasprostranjeni diljem Hrvatske, a povezani su jedinstvenom i zajedničkom Internet aplikacijom ekspertnog sustava, *e-Laboratorij*.

2.1 Područja ispitivanja

Laboratoriji IGH pokrivaju 25 glavnih područja ispitivanja u graditeljstvu kojima se provodi više od 250 različitih metoda ispitivanja. Zahtjevi koje nameće posao rezultiraju brojnim metodama koje se paralelno primjenjuju na različitim lokacijama (tablica 1.).

Tablica 1. Broj postupaka po područjima ispitivanja u stalnim laboratorijima IGH

| Br. | Područja ispitivanja | Laboratoriji IGH | | | | | | | | | | | | | | | Maks. | |
|-----|--------------------------|------------------|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|-----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | | |
| 1 | Konstrukcije | 3 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 |
| 2 | Agregati | | 14 | | | | | 18 | | | | 14 | | 12 | | | 11 | 18 |
| 3 | Beton očvrslji | | 20 | | | | | | | 19 | | | 14 | | | | 14 | 20 |
| 4 | Beton svježi | | 10 | | | | | | | 7 | | | 7 | | | | 7 | 10 |
| 5 | Glazura estrih | | 6 | | | | | | | | | | | | | | | 6 |
| 6 | Ljepilo | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 7 | Keramičke pločice | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | 10 |
| 8 | Predgot. beton. el. | | 8 | | | | | | | | | | 1 | | | | | 8 |
| 9 | Opeka i crijep | | 4 | | | | | | | | | | | | | | | 4 |
| 10 | Sustavi sanacije | | 8 | | | | | | | | | | | | | | | 8 |
| 11 | Žbuka i mort | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | 5 |
| 12 | Cement i voda | | | 15 | | | | | | | | | | | | | | 15 |
| 13 | Građevno tlo | | | | 27 | | | | | | 10 | | | | | 10 | | 27 |
| 14 | Kanalizacijski sustavi | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 |
| 15 | Metali | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | 10 |
| 16 | Boja i premazi | | | | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 |
| 17 | Materijali tla | | | | | | | 13 | | | | | | | | | | 13 |
| 18 | Asfalt | | | | | | | 11 | | | | | | 9 | | | 10 | 11 |
| 19 | Bitumen | | | | | | | 12 | | | | | | | | | | 12 |
| 20 | Kamen | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | 18 |
| 21 | Akustika | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | 4 |
| 22 | Mort | | | | | | | | 11 | | | | | | | | | 11 |
| 23 | Požarna otpornost | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | 7 |
| 24 | Prozori i vrata | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | 3 |
| 25 | Topl.-izolac. materijali | | | | | | | | | 25 | | | | | | | | 25 |
| | Ukupno | 3 | 86 | 15 | 27 | 2 | 25 | 59 | 50 | 26 | 10 | 14 | 22 | 21 | 10 | 42 | | 253 |

Brojkama uz tablicu 1. odgovaraju slijedeći nazivi laboratorija iz IGH:

U Zagrebu: 1) Laboratorij za konstrukcije, 2) Laboratorij za betonske i zidane konstrukcije, 3) Laboratorij za veziva, 4) Odjel za laboratorijska i terenska ispitivanja i opažanja, 5) Hidrotehnički laboratorij, 6) Laboratorij za razorna i nerazorna ispitivanja, 7) Cestograđevni laboratorij, 8) Laboratorij za građevnu fiziku;

U Splitu: 9) Laboratorij za materijale, 10) Laboratorij za geotehniku, 11) Laboratorij za cestograđevna ispitivanja;

U Osijeku: 12) Centralni laboratorij, 13) Laboratorij za asfalt, 14) Geomehanički laboratorij;

U Rijeci: 15) Laboratorij Rijeka.

2.2 Teritorijalna struktura

Mreža laboratorija IGH sastoji se od razgranate mreže stalnih, terenskih i privremenih laboratorija razmještenih širom Republike Hrvatske (slika 1.).



Slika 1. Teritorijalna rasprostranjenost i Internet komunikacija u IGH-u

Petnaest stalnih laboratorija smješteno je u četiri poslovnice IGH koje se nalaze u Zagrebu, Splitu, Osijeku i Rijeci. Njihovi nazivi nalaze se u legendi tablice 1. Šest terenskih laboratorija smješteno je u Varaždinu, Karlovcu, Sisku, Puli, Zadru i Dubrovniku, dok se jedanaest privremenih laboratorija nalazi na sedam lokacija. Osnivanje terenskih laboratorija prati izgradnju na velikim gradilištima poput autocesta, tunela i mostova te rad asfaltnih baza.

2.3 Internet orijentacija [3]

Ekspertni sustav *e-Laboratorij* prati svjetski trend razvoja poslovanja koji se putem računalne komunikacije odvija u Internet okolini. Time se ostvaruju višestruke koristi od kojih se najveća ogleda u povezivanju razgra-

nate mreže IGH laboratorija. Orijentacija ekspertnog sustava *e-Laboratorij* prema Internetu omogućava da se laboratorijska djelatnost provodi i razvija na principima Interneta, sa svim prednostima koje on pruža, od kojih su najbitniji pristupanje jedinstvenoj aplikaciji s bilo kojeg dijela računalnog sustava, jedinstven način iskorištavanja te pristup vlastitim podacima i dijeljenje podataka i znanja s ostalim korisnicima sustava. Takvim načinom rada doprinosi se razvoju i oplemenjivanju Interneta njegovom primjenom u inženjerskoj praksi za potrebe laboratorijskih ispitivanja u graditeljstvu.

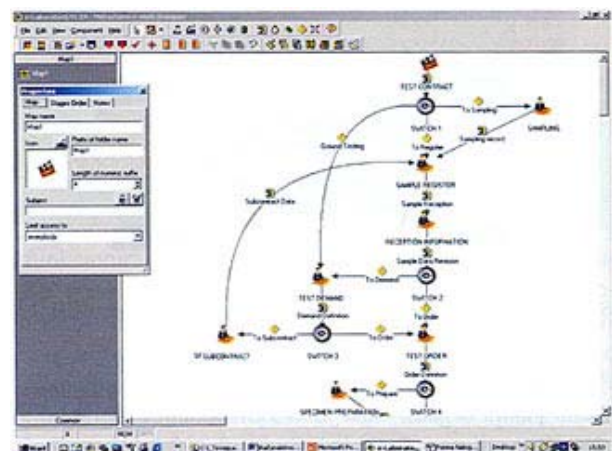
Stalni i terenski laboratoriji povezani su preko virtualne privatne mreže (VPN – *Virtual Private Network*) oslonjene na CARNnet (*Croatian Academic and Research Network*) dok se privremene terenske poslovnice koriste Internet spajanjem preko ISDN priključaka na telekomunikacijski čvor IGH u Zagrebu (slika 1.). Dobra komunikativnost i povezanost svih laboratorija olakšava i poboljšava organiziranje i praćenje laboratorijskog poslovanja.

3 Komponente ekspertnog sustava *e-Laboratorij* [1]

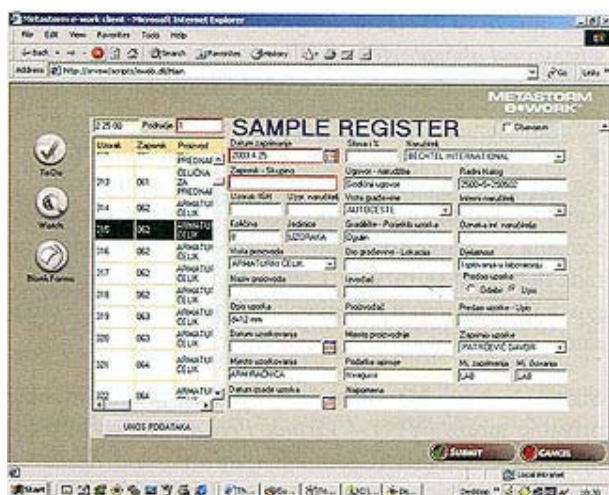
Ekspertni sustav za laboratorijsko ispitivanje materijala sastoji se od tri glavne komponente: a) sustava za automatizaciju i upravljanje poslovnim sustavima, *Metastorm e-Work*, b) sustava za integralno upravljanje dokumentacijom, *Computnik e-ViewWise* i c) sustav relacijske baze podataka, *Oracle 8i*. Shematski prikaz komponenta ekspertnog sustava *e-Laboratorij* može se vidjeti na slici 4. rada [1].

3.1 Sustav *e-Work*

Automatizacija i organizacija radnih procesa omogućena je *e-Work* sustavom koji se sastoji od dva glavna dijela: a) alata za programiranje poslovnog tijeka (slika 2.) i b) radnog okruženja za upravljanje i provedbu poslovnih i radnih procesa u Internet okolini (slika 3.).



Slika 2. Izrada poslovnog tijeka ES *e-Laboratorija*



Slika 3. Obrazac za evidenciju uzoraka

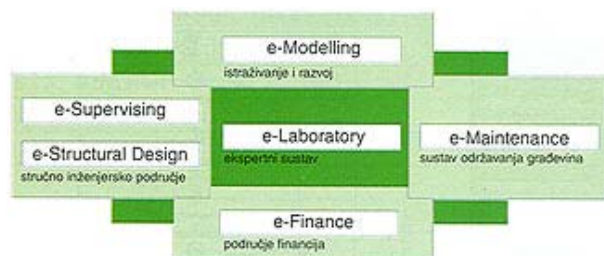
3.2 Sustav e-ViewWise

Sustav e-ViewWise služi za integralno upravljanje dokumentima - IDM (*Integrated Document Management*), u Internet i Intranet okolini.

U e-ViewWise dokumentu mogu se pohraniti sve vrste datoteka u njihovu izvornom formatu koji može biti tekstualni, tablični ili multimedijalni (npr. *MS Word*, *Excel*, *Power Point* itd.), datoteka programa za crtanje (npr. *AutoCAD*, *Visio*, *Corel* itd.), različite slikovne datoteke (npr. jpg, gif, tif, bmp itd.) te bilo koja druga izlazna datoteka različitih aplikacija. Njihovo pretraživanje i upotreba omogućeni su bilo koje lokacije u Internet području.

4 Podrška ekspertnog sustava e-Laboratorij

Ekspertni sustav e-Laboratorij sadrži bazu znanja kojom ostvaruje podršku u upravljanju stručnim znanjem, znanstvenoistraživačkom radu, djelatnostima stručnog nadzora i projektiranja, sustavu održavanja građevina te financijskom sustavu. Podrška ekspertnog sustava poslovnim sustavima IGH prikazana je na slici 4.



Slika 4. Podrška ekspertnog sustava poslovnim sustavima IGH

4.1 Baza znanja ekspertnog sustava [2]

Baza znanja organizirana je kao dinamični i aktivni dio ekspertnog sustava koja sa jedne strane sadrži ugrađeno znanje, a s druge strane ima mogućnosti daljnjeg rasta i

razvoja. Baza znanja pruža podršku za upravljanje znanjem u ekspertnom sustavu omogućavajući primjenu pravila u obliku „if-then-else“ i „SQL“ naredaba koje se koriste za upravljanje poslovnim i radnim procesima. Osim toga baza znanja omogućava pohranu i korištenje praktičnim ekspertnim znanjem te dokumentiranje znanja stečenog u laboratorijskom poslovnom procesu.

4.2 Upravljanje stručnim znanjem

Iskustvo stečeno dugogodišnjim radom na području graditeljstva, kao i radom na istraživanju i razvoju, te sudjelovanjem na značajnim projektima u zemlji i inozemstvu čini najvažniji potencijal i glavni kapital koji IGH posjeduje. Baza znanja ekspertnog sustava e-Laboratorij omogućava sustavnu pohranu ekspertnog znanja i iskustva. Dokumentacija, kao izvor znanja, pohranjuje se u sistematiziranim elektroničkim arhivama oblikovanim putem IDM sustava. S obzirom na to da se podaci iz kojih su oblikovani dokumenti nalaze kao „živi“ podaci u bazi znanja u bazi podataka, otvaraju se goleme mogućnosti u brzini i lakoći pretraživanja podataka i mnogostrukim načinima njihove analize.

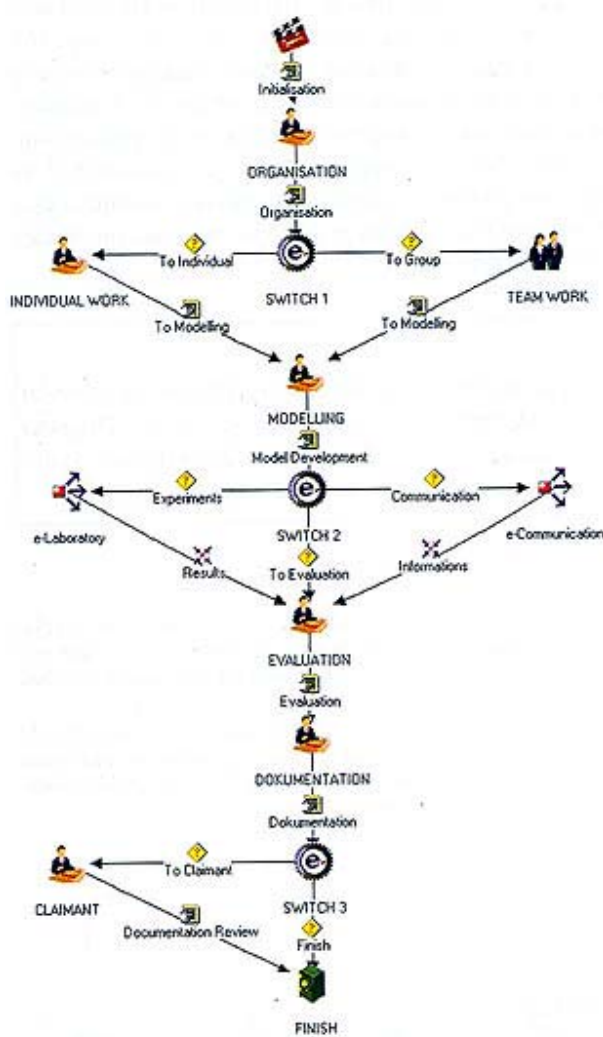
Znanje i iskustvo koje znanstvenici i stručnjaci svojim radom ugrađuju u bazu znanja ekspertnog sustava ostaje u trajnom vlasništvu IGH. Osim toga ovime se ublažava nepovoljna pojava odljeva stručnjaka i znanstvenika pružajući mogućnost dostupnosti dragocjenog znanja novim mladim stručnjacima.

4.3 Istraživanje i razvoj

Znanstveno i stručno istraživanje i razvoj u području građevinarstva dva suglavna obilježja IGH koja se u praksi ostvaruju trima primarnim djelatnostima: stručnim nadzorom, projektiranjem i laboratorijskim ispitivanjima. Istraživanje i razvoj na području analitičkih, numeričkih i eksperimentalnih metoda usmjereno je prema potrebama struke u svakodnevnoj inženjerskoj praksi. Područja poput armiranog betona, prednapetih konstrukcija i metalnih konstrukcija za izgradnju zgrada, mostova, vijadukata i tunela, zatim područje mehanike tla i stijena za potrebe inženjerstva temeljenja kao i područje modelskih ispitivanja vodnih građevina neki su primjeri s područja graditeljstva koji su predmet istraživanja i razvoja.

Ekspertni sustav e-Laboratorij omogućava podršku stručnom i znanstvenom radu integracijom s drugim sustavima, kao što je sustav e-Modelling, koji ima svrhu povećanja efikasnosti u organizaciji, upravljanju i provedbi aktivnosti u procesima istraživanja i razvoja, te uključivanja u sustav upravljanja ekspertnim znanjem i iskustvom. Na slici 5 prikazan je primjer povezivanja ekspertnog sustava e-Modelling s ekspertnim sustavom e-Laboratorij te predstavlja primjer povezivanja ekspertnog

sustava *e-Laboratorij* s ostalim e-poslovnim sustavima radi pružanja usluge i podrške.



4.4 Podrška stručnom nadzoru [3]

Razvoj ekspertnog sustava *e-Laboratorij* usmjeren je na pružanje podrške djelatnosti stručnog nadzora koji se bavi pitanjima organizacije i provedbe poslova nadzora u izgradnji građevina. Integracijom s poslovnim sustavom za nadzor, naziva *e-Supervising*, ekspertni sustav *e-Laboratorij* daje svoju podršku putem znanja ugrađenog u bazu znanja kao i informacija o tijeku i stanju poslovnog procesa laboratorijskog ispitivanja. Time se bitno unapređuje i poboljšava postupak dokazivanja kvalitete materijala i proizvoda koji se ugrađuju u građevinu te dokazivanje kvalitete izvršenih radova.

4.5 Podrška projektiranju

Djelatnost projektiranja također ima značajne koristi od ekspertnog sustava *e-Laboratorij*. Integracija ekspertnog sustava *e-Laboratorij* i poslovnog sustava za projekti-

ranje, naziva *e-Structural Design*, usmjerena je na dobivanje podataka i informacija potrebnih za provedbu proračuna preko baze znanja ekspertnog sustava u kojoj su pohranjeni podaci i informacije o različitim svojstvima materijala kao i metodama ispitivanja te o propisima i normama u kojima su oni definirani.

4.6 Podrška e-Maintenance sustavu [4]

Internet poslovni sustav za održavanje građevina, energetske uštede i zaštitu okoliša, naziva *e-Maintenance*, za svoje funkcioniranje koristi se specifičnim znanjima s područja održavanja i upravljanja životnim vijekom građevine te njezinim utjecajem na prirodni okoliš. Dio znanja koji je potreban *e-Maintenance* sustavu odnosi se na svojstva materijala te metode laboratorijskih i terenskih ispitivanja materijala, proizvoda i građevina. Integracija poslovnog sustava *e-Maintenance* te ekspertnog sustava *e-Laboratorij* omogućava pružanje podrške navedenim znanjem pohranjenim u bazu znanja ekspertnog sustava *e-Laboratorij* i informacija o tijeku procesa laboratorijskog ispitivanja. Ovime se omogućava unaprjeđenje onih procesa ocjene postojećeg stanja građevine, koji zahtijevaju provedbu laboratorijskih ispitivanja, a na temelju kojih slijede svi daljnji postupci u sklopu procesa održavanja građevine. Slika 6. prikazuje razvoj *e-Maintenance* sustava u sklopu Eureka projekta.



Slika 6. Razvoj *e-Maintenance* sustava u sklopu Eureka projekta E! 2704

4.7 Financije [3]

Ekspertni sustav *e-Laboratorij* kao sastavni dio svog funkcioniranja obuhvaća poslove na pripremanju ponude, prihvaćanju narudžbe, ugovaranja ispitivanja te obračunavanja usluga. Stoga je veza s financijskim poslovnim sustavom, naziva *e-Finance*, veoma značajna za rad ekspertnog sustava. S druge pak strane ekspertni sustav posjeduje mogućnosti prikupljanja podatka i informacija kojima se dobivaju financijski pokazatelji poslovnog procesa i pojedinih ispitivanja na samom mjestu troška.

Na osnovi toga mogu se provoditi različite vrste financijskih analiza koje omogućavaju donošenje poslovnih odluka (*DSS-Decision Support System*) te optimalno formiranje cijena s obzirom na situaciju na tržištu. To će biti posebno važno zbog ulaska Hrvatske u poslovne tokove Europske zajednice 2007. godine.

5 Zaključak

Ekspertni sustav *e-Laboratorij*, osim što omogućava sudionicima u laboratorijskom poslovnom procesu inteli-

gentno upravljanje laboratorijskim procesom primjenom ugrađenih pravila i uporabom baze znanja, omogućava i podršku u provedbi ostalih djelatnosti IGH: stručnom nadzoru i projektiranju, istraživanju i razvoju te u *e-Maintenance* sustavu. Mogućnost uvida u stanje poslovnog procesa laboratorijskog ispitivanja te podaci i informacije iz baze znanja ekspertnog sustava koji opisuju svojstva materijala i postupke ispitivanja najznačajniji su oblici ove podrške. S obzirom na Internet primjenu ekspertnog sustava, podrška je dostupna na svakome mjestu u realnom vremenu.

Zahvala

Ovom prilikom izražavam zahvalnost svim suradnicima na projektu primjene računalnih sustava IGH te na projektu razvoja sustava za održavanje građevina. Zahvaljujem mr. sc. Smiljanu Juriću i voditelju projekta dr. sc. Draganu Radiću koji su otvorili put primjeni informacijske tehnologije u stručnoj inženjerskoj praksi. Zahvaljujem svom mentoru prof. dr. sc. Tomislavu Filetinu na ustrajnosti i pomoći pri izgradnji ekspertnog sustava *e-Laboratorij*.

LITERATURA

- [1] Svaguša, T.; Radić, D.; Jurić, S.; Wharram, J.: *Ekspertni sustav za laboratorijska ispitivanja u graditeljstvu*, Građevinar, 56 (2004) 1, str. 11-18
- [2] Svaguša, T.; Radić, D.; Wharram, J.: *Structure of the Integral Expert System for the Work and Creation of the Knowledge Database*, Proceedings 4th ICCSM, Croatian Society for Mechanics, Bizovačke Toplice, september 2003.
- [3] Svaguša, T.; Jurić, S.; Radić, D.: *Razvoj IGH temeljen na projektu implementacije računalnih sustava*, Zbornik radova 1. simpozija računalstva u graditeljstvu, Građevinski fakultet, Zagreb, prosinac 2003.
- [4] Jurić, S.; Radić, D.; Martinec, N.; Ajduković, N. H.; Svaguša, T.: *Internet poslovni sustav za održavanje građevina, energetske uštede i zaštitu okoline. Eureka Projekt E! 2704 e-Maintenance*, Institut građevinarstva Hrvatske, srpanj 2003.