

Studij arheologije tehničkih (i građevinskih) znanosti

Prof. dr. sc. **Zvonimir Žagar**, d. g. i. (u mirovini), član emeritus HATZ-a, Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet, zzagar@h-1.hr

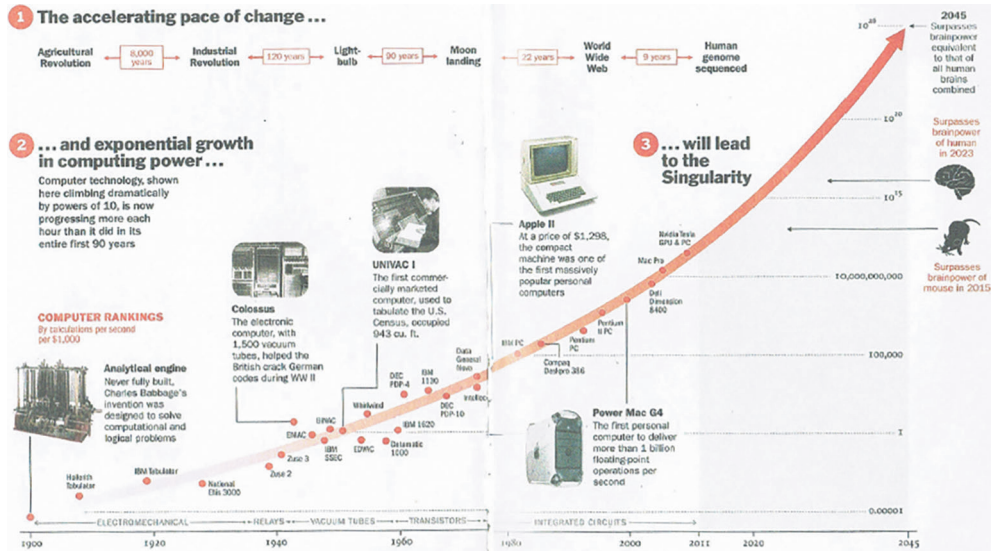
***Sažetak:** Danas kad se susrećemo u svakodnevnom životu i radu (od kolijevke do groba) s IT tehnologijom, posebice CAD-postupcima, robotikom, 3D printingom, VR, daljinskim učenjem, pametnim (smart) strojevima i predmetima (IoT), odlučno se moramo odlučiti da jedan dio pred-IT znanja i vještina naprosto “izbacimo” (outsourcing) iz visokoškolskog (pa i cjelokupnog) edukacijskog sustava. Jer ta znanja, nekoć neprocjenjivo važnih područja tehnike, tehnologije (a i drugih struka) i vještina naprosto “opterećuje” edukaciju i struku. No to znanje, te vještine i postupci, možda tako dragi i nekoć neophodni našoj starijoj generaciji (i ne samo inženjera) treba negdje pohraniti za ogled budućim generacijama. Ne radi se tu o muzejskim primjerima tehničkih objekata, već o “prevaziđenim” postupcima, koje bi bilo šteta zaboraviti, kao što je bilo i zaboravljeno (svo i prethodno) znanje i svi primjenjeni postupci npr. pri izradi antičkog mehanizma Antikhytere, prije 2500 godina. Baš taj primjer kojim se danas (a intenzivno zadnjih 50 godina) bave razne struke eksperata (multidisciplinarni timovi raznorodnih stručnjaka) kako bi ga dešifrirale i razjasnile, pokazuje zorno da je danas vrijeme kad trebamo promišljati o tome da osnujemo posebne studije Tehničkih arheologija, gdje će se pohraniti svi ti “outdated” postupci, koji će možda jednom biti ukomponirani u sasvim nove post-IT okvire. Zašto ne? Da se ne zaborave.*

Konačno se arheologija ne može zadržati na repetitivnom iskapanju starina, koje se možda danas i ne znaju korektno interpretirati. Baš stoga što su zaboravljena mnoga znanja koja su omogućila njihovu davnašnju realizaciju.

***Ključne riječi:** Edukacija, IT, pred-IT, post-IT ere, VR, arheologija, znanje, postupci.*

Teza

Susrećemo se i živimo u doba eksplozije znanja i eksplozije podataka (data). Smatra se da je 90% postojećih podataka generirano i posljednje dvije godine. Taj porast znanja odražava se na naš život, edukaciju, tehniku, tehnologiju, ekonomiju, znanost i umjetnost i sva područja ljudske djelatnosti. U međudobu već se taj postotak povećao. Taj eksponencijalni rast znanja, primjene novih i generiranja još novijih nazivamo singularnošću (singularity).



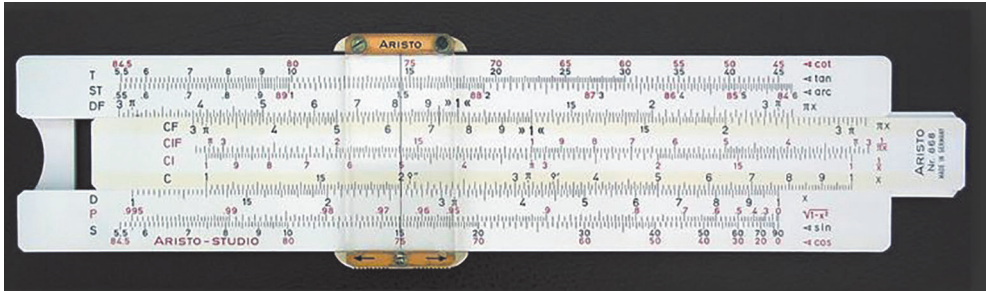
SI. 1. Akcelerirajuće promjene. Iz TIME magazina, prema R. Kurzwaileu. Još ranije na to ukazao i B. Fuller u Synergetics (1975.) na primjeru brzina otkrivanja kemijskih elemenata u protoku vremena.

Razvijeni su i programski sustavi za rukovanjem ogromnog broja objavljenih podataka. Tako npr. program PaleoDeepDive služi za ekstrakciju podataka iz znanstvenih publikacija i individualnih publiciranih studija određenog znanstvenog područja. Da bi se s tim novim (i zastrašujućim brojem) saznanjima, metodologijom, tehnikom, tehnologijom i umijećima ovladalo, neophodno je sva neaktivna, bespotrebna i danas irelevantna znanja outsoursati iz svih područja ljudske djelatnosti, no ne treba ih zaboraviti, kao što se dešavalo u prošlosti, već ih treba trajno spremati i aktivno podržavati.

Pokušava se predočiti potreba outsoursinga danas “outdated” znanja i djelatnosti u građevinskoj struci, i na primjerima edukacije smjera dizajna konstrukcija. Postavlja se i pitanja, kuda smjestiti takve sudije tehničke (pa recimo i graditeljske) arheologije, na postojeće studije Filozofskog fakulteta ili posebne transdisciplinarne sveučilišne studije. Vjerojatno je slično u svim drugim strukama i djelatnostima.

Primjeri

Za ilustraciju samo par primjera “davnje prošlosti”, no i ne baš tako davne prošlosti o počecima KB i ANN ekspertnih sustava. Danas nezamislivo, s kakvim se strojevima (i alatima) tada (nekoć) raspolagalo.



SI. 2. Logaritmar (šiber). Muzejski primjerak.

U to doba još smo se služili tzv. logaritmičkim računalom “šiberom” i logaritmičkim tablicama. Osobno svjedočim da je moja generacija morala polagati (u predmetu Matematika 1) kolokvij iz “šibera” i crtanja grafova. Danas “outdated” i nezamislivo, ali te povijesne vještine ne bi trebalo zaboraviti (kao što se stvarno brzo zaboravljaju kao nepotrebna). Kao što su već davno “outdated” i bušene kartice i bušilice kartica i cijelo zanimanje bušača kompjuterskih kartica: ima na WEB-u još slika tih uređaja i prostorija s bušilicama.

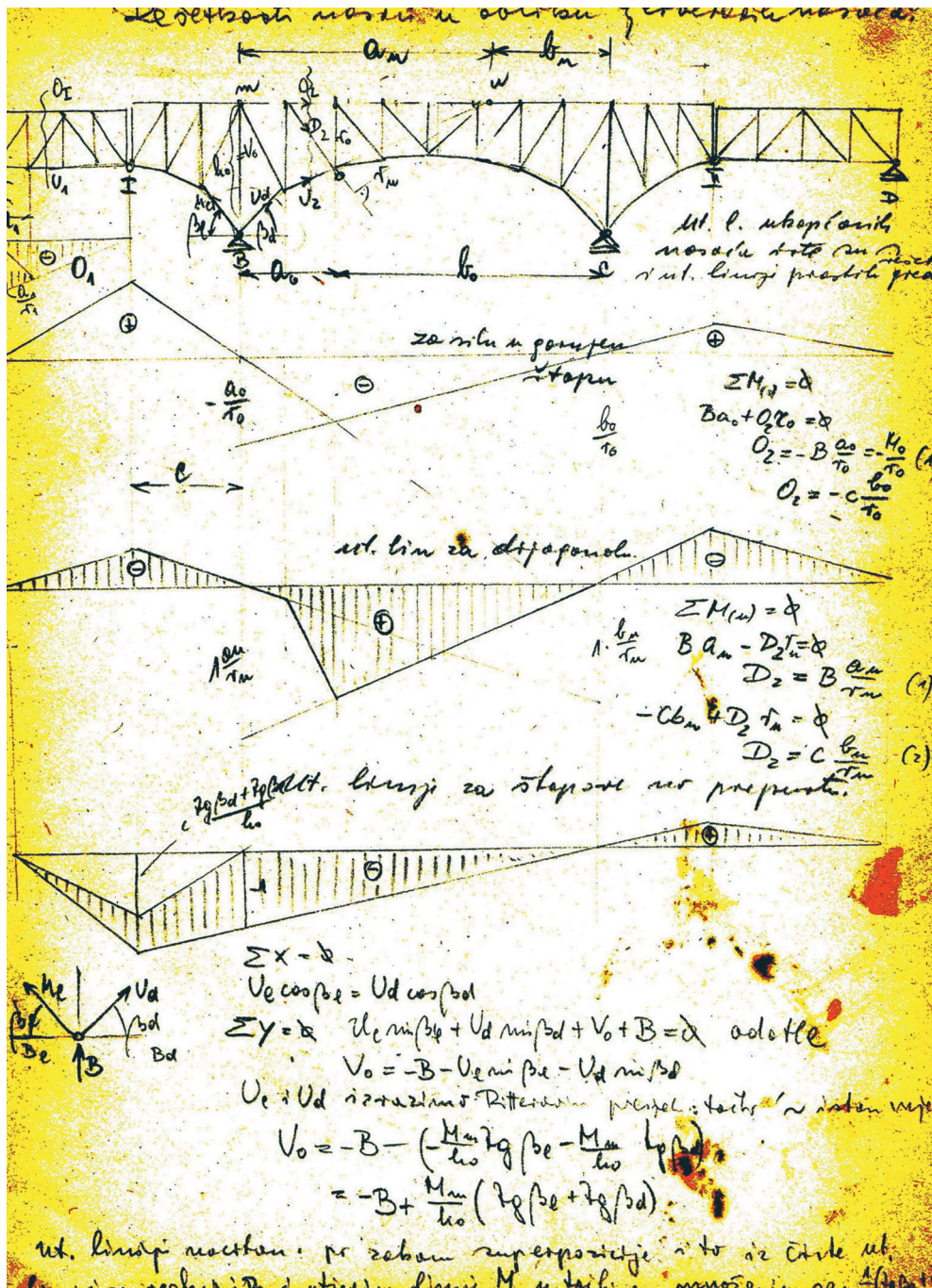
Prvi komercijalni komputer Univac I, pojavio se 1951. 1952. pridružili su mu se UNIVAC 1130. IBM je stavio na tržište konkurentni model 701. Iza 1957. koristi se FORTRAN I (ponudio ga je inženjerima i znanstvenicima IBM 704).

Treba navesti, da je 1984. na Carnegie Mellone University (Research Showcase@CMU), Department of Civil and Environmental Engineering, Carnegie Institute of Technology objavljena ključna knjiga o ekspertnim sustavima (tog doba) autora Daniel R. Rehaka i Steven (Stevan Joseph) Fenvesa: Expert systems in civil engineering, construction and construction robotics. Dostupna na webu:

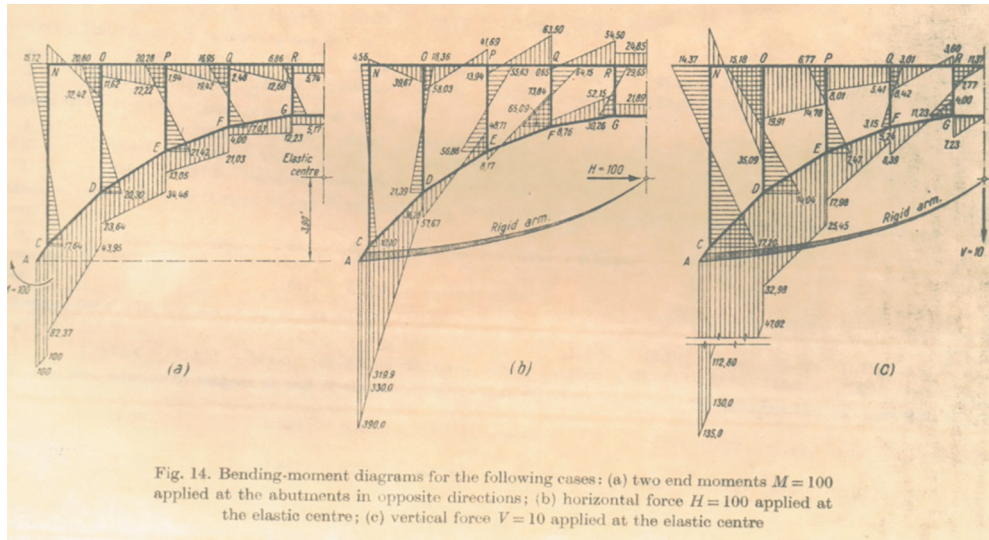
repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1017&context=cec. Toliko o “timeline” razvoja ES u građevnom inženjerstvu tog doba.

ARCHPLAN Gerharda Schmitta <http://www.futurecities.ethz.ch/person/prof-dr-gerhard-schmitt/> s ETH, je genijalni sustav za kompleksno, kompletno arhitektonsko dizajniranje višekatnih zgrada. Ugrađena i ušteda energije. Po svemu nije naišao na širu primjenu... PITANJE je ZAŠTO!

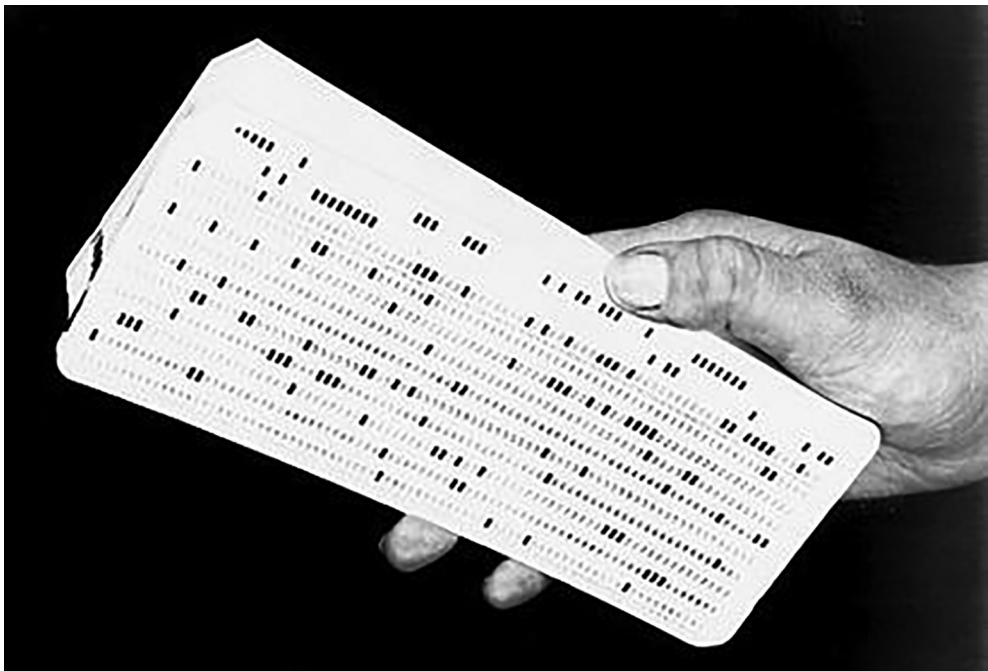
Prikazuje se i uvodni ekran ekspertnog (KRB) sustava BTEXPERT za dizajn konvencionalnih cestovnih mostova (čelične rešetke s armiranobetonskom kolničkom konstrukcijom) za autoceste u USA, za raspone 30 do 200 m, kojeg je razvio Hojjat. Adeli (<http://www.cis-ieee.org/eit2003/adeli.asp>) sa svojom ekipom eksperata (s Ohajo sveučilišta). Sustav je razvijen približno istih godina.



Sl. 3. Jedna stranica mojih sačuvanih studentskih zabilješki s predavanja Teorije konstrukcija na Građevinskom fakultetu (iz 1952.); Konstrukcije uticajnih linija rešetki. Napomena: 1951. postojalo je već računalo UNIVAC I. Počeci FORTRANA datiraju 1950. R. Courant je još 1943. razvio matricni postupak s konačnim elementima. No o tome tada ništa na studiju nismo čuli...



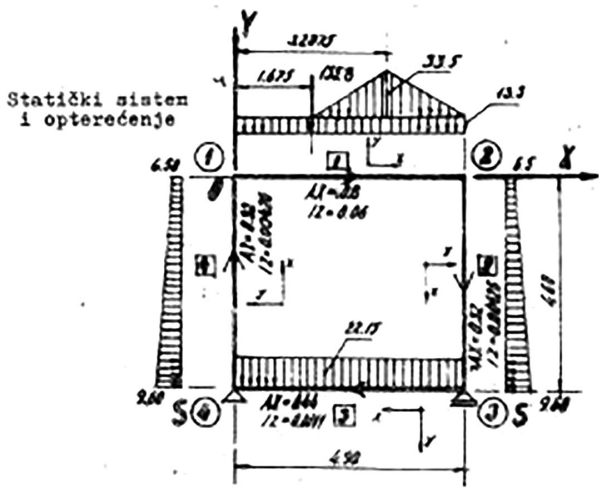
Sl. 4. Iz znanstvene literature, prošlog vremena (1953.): proračun lučnog mosta s nadgrađem pomoću postupka s elastičnim težištem: L.A. Beaufoy: Open-Spandrel Arch Analysis Assuming Continuity of Structure. Prikaz momenata savijanja za naznačena opterećenja.



Sl. 5. Bušene kartice. Danas ih je i teško pronaći, osim u tehničkim muzejima.

```

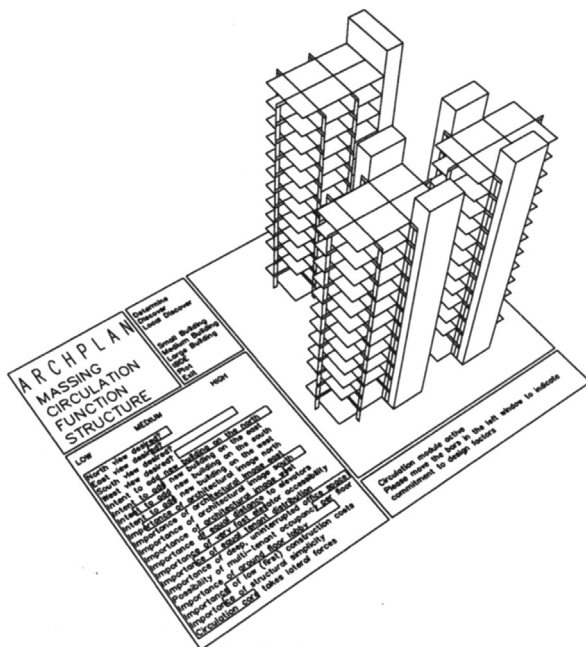
STRUCTURE OKVIR
TYPE PLANE FRAME
NUMBER OF JOINTS 4
NUMBER OF MEMBERS 4
NUMBER OF SUPPORTS 2
NUMBER OF LOADINGS 1
JOINT COORDINATES
1 X 0.0 Y 0.0
2 X 4.90 Y 0.0
3 X 4.90 Y -4.60 S
4 X 0.0 Y -4.60 S
JOINT RELEASES
4 MOMENT Z
3 FORCE X MOMENT Z
MEMBER INCIDENCES
1 1 2
2 2 3
3 3 4
4 4 1
MEMBER PROPERTIES PRISMATIC
1 AX 0.8 IZ 0.066
2 AX 0.32 IZ 0.00426
3 AX 0.84 IZ 0.01108
4 AX 0.32 IZ 0.00426
CONSTANTS E 3000000 ALL
LOADING 1 SVE SKUPA SA VL, TEZ,
MEMBER LOADS
1 FORCE Y UNIFORM W =13.3
1 FORCE Y CONCENTRATED P =155.8 L 1.675
1 FORCE Y LINEAR WA 0, WB =33.50 LA 1.675 LB 2.2875
1 FORCE Y LINEAR WA =33.50 WB 0, LA 3.2875 LB 4.90
2 FORCE Y LINEAR WA =6.5 WB =9.60
3 FORCE Y UNIFORM W =25.15
4 FORCE Y LINEAR WA =9.60 WB =5.50
TABULATE ALL
TRACE
SOLVE
PROBLEM CORRECTLY SPECIFIED, EXECUTION TO PROCEED.
    
```



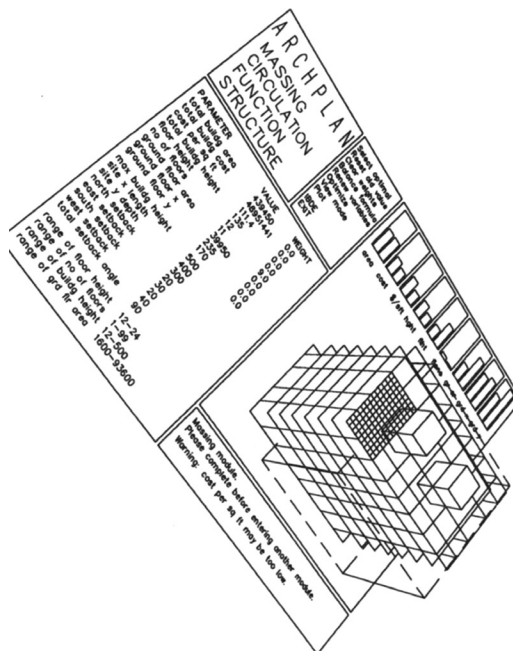
Sl. 6. Ilustracija IT prapovijesti (iz 1972.), lista ispisa unosa podataka u FE program STRESS za obradu statičkog problema na IBM 1130 računala u RC SRCE. Podatke se upisivalo na tzv. fortranke formulare pa onda bušilo na tzv. bušene kartice (posebnim bušilicama kartica). Podaci (paketi kartica) su se pješice ili tramvajem nosili u RC, a isprintani podaci na trakama na krajevima perforiranih papira (ponekad i po kg teški), potom su analizirani i ručno grafički interpretirani. Prikazani rad je rad grupe studenata tadašnjeg međufakultetskog Saobraćajnog studija (9). Sačuvao autor. Tada, veliki uspjeh uvođenja digitalizacije u nastavu Građevinskog fakulteta i Sveučilišnog inter fakultetskog studija prometa i RGN fakulteta. Nema još grafičkih stanica, CAD sustava; sve se ručno obrađuje i interpretira!!



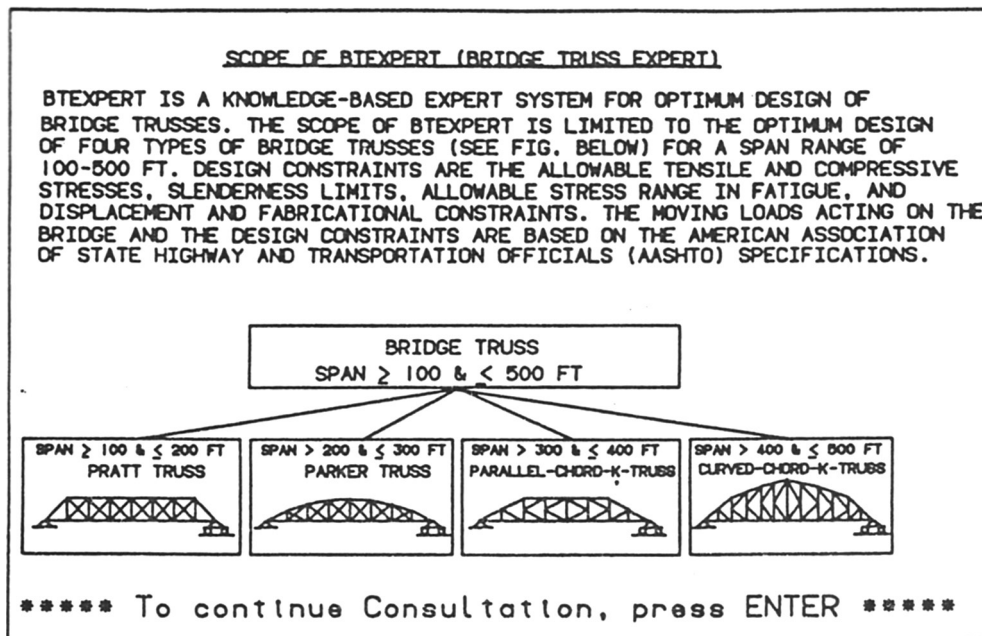
Sl. 7. IBM 1130. Muzejski primjerak ne tako davnog IT hardwarea. Na njemu se “vrtio” STRESS program...



Sl. 8. Sustav ARCHPLAN Gerharda Schmitta (ETH), IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989. , Expert Systems in Civil Engineering.



Sl. 9. Sustav ARCHPLAN Gerharda Schmitta (ETH), IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989. , Expert Systems in Civil Engineering.

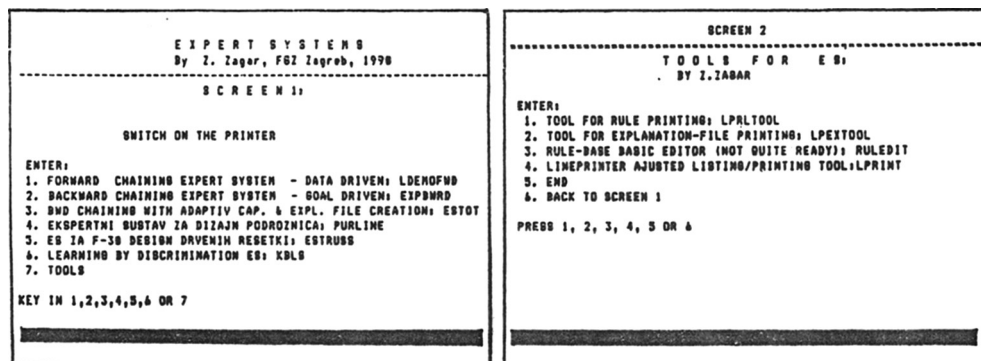


Sl. 10. Uvodni ekran BTEXPERTa za cjelokupni dizajn cestovnih mostova H. Adeliija.

Adeli i njegova ekipa tih su godina (1989-tih) razvili niz ekspertnih sustava: RTEXTPERT za dizajn čeličnih rešetki, SDL i STEELEX jezik za komunikaciju s ekspertnim sustavom STEELEX, EXOP za optimalni dizajn velikih konstrukcija, PG-BRIDGE1 prototip KBS-a za optimalni dizajn mostova na autocestama, FRA-MEX za dizajn čeličnih okvirnih konstrukcija, a koji su svi međusobno povezani.

I mi (na Građevinskom fakultetu u Zagrebu) nismo baš u to vrijeme zaostajali. Unatoč nepremostivim teškoćama u nabavi opreme programske podrške, umreženju. I oportunistički. Prikazuje se naš (Žagar i suradnici) RB ekspertni sustav za kompletni trodimenzionalni dizajn drvenih okvirnih zgrada od lijepljenog lameliranog drveta. To je bio prvi uopće u svijetu ekspertni sustav iz domene drvenih konstrukcija. Pisan u FORTRAN 5 jeziku, i bio operabilan na main frame UNIVAC komputeru SRCE-a. Diplomski rad dvojice studenata GF (uz našu suradnju). Razvijeni su i RB ekspertni sustavi, naprosto stoga što se smatralo, da su repetitivni proračuni istovrsnih tipova konstrukcija zapravo obezvrijeđenje inženjerske struke. Tako je razvijen i TOY ekspertni primjer, koji je mogao učiti na primjerima, ili korištenjem drugih programa ili pak čiste logike eksperta. Njime (t.j TOY ekspertnom ljuskom) kreirano je nekoliko orijentiranih ekspertnih sustava (za drvene elemente, drvene rešetke, čelične stupove, pa i za kirurgiju šake i dijagnoze nekih bolesti. Naravno, da je taj razvoj pokazao da se granice znanja pomiču i da je potrebno iz kurikuluma predmeta izbaciti naprosto neinženjerske postupke ili na prethodnim saznanjima zasnovane postupke proračuna i dimenzioniranja elemenata i konstrukcija. Nije ni potrebno navesti, da se sam TOY ekspertni sustav razvio na danas totalno zaboravljenom i u riječkom muzeju kompjutera spremljenom SVI328 stolnom kompjuteru. Kasnije je na osnovu prikupljenog znanja i nabavljene profesionalne ekspertne ljuske GURU kreiran (D. Delić) ekspertni sustav za cjenovno najekonomičniji 3D dizajn hala od lameliranih drvenih nosača na čeličnim stupovima i betonakim temeljima. Kasnije se s ANN sustavima/mrežama stvarali sustavi za dizajn drvenih konstrukcija koji su mogli učiti (i učili su, uspješno) na primjerima. Tako smo razvili niz ekspertnih ANN sustava za dizajn drvenih konstrukcija baziranih na učenju neuralnih mreža (s NeuroShell ljuskom) na pomoću KRB ES generiranim primjerima drvenih konstrukcija, nadopunjenih primjerima u praksi izvedenih drvenih konstrukcija tog tipa. Doprinos su dali A. Bjelanović, D. Delić i drugi moji suradnici. Očekivalo se da će se taj trend dizajna nastaviti... uključivanjem "automatskog" dizajna konstrukcija od drugih materijala. Podrobno je sve opisano u sveučilišnom udžbeniku Žagar: Drvene konstrukcije 1 i 2 (treće izdanje), PRETEI, Zagreb, 2005. A djelimice u mojim skriptama Ekspertni sustavi (1991.).

Pri tome smo jako pazili da ne razvijamo ekspertne sustave za dizajn konstrukcija iz drugih materijala (osim drva), i drugih građevinskih područja. Smatralo se (optimistički) da će se trend razvoja ES a pogotovo tzv. "deep-learning" sustava (ANN) koji uče na na izvedenim i od RB ekspertnih sustava generiranim primjerima razviti i za konstrukcije od drugih materijala, te drugim područjima građevinarstva i



Sl. 11. Prikaz uvodnih ekrana tzv. TOYEXPERT RBES sustava i ljuske za razvoj ekspertnih RB sustava iz raznih domena djelatnosti (iz 1990.). Sustav je mogao i učiti na predodređenim primjerima, korištenjem drugih programa i dopisivati nova pravila (rules). Razvijen na (danas nezamislivo!) desktop računalu SV1328, s Z80 procesorom! S tim sustavom (kasnije prebačenim na tada nam dostupno PC IBM 486 računalo), razvijeni su prvi primjeri KB ES za dizajn nekih tipova konstrukcija od drveta (podrožnica, nekih tipova rešetki). Pa i medicinske dijagnostike kirurgije šake (pokusi Prof. dr. S. Davile s KBC Rebro)! Sustav je nazvan TOY ES, jer smo se njime “igrali”u istraživanju granica i mogućnosti tadašnjih ES.

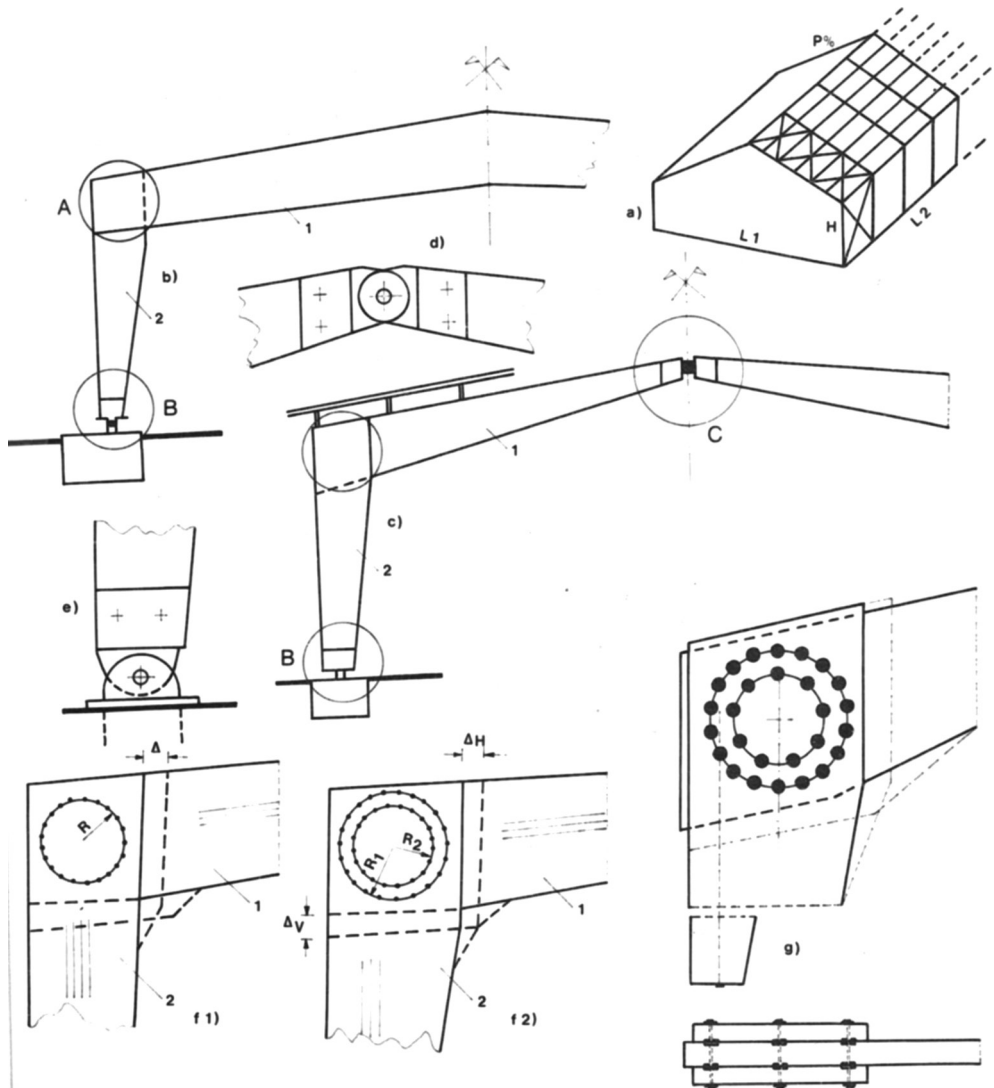
arhitekture. Ipak smo interno razvijali i koristili ES za dizajn elemenata betonskih konstrukcija, te ICES STRUDL 2 modul za automatski dizajn čeličnih konstrukcija.

Pokazalo se, da se i tada novi EC propisi mogu prikazati u oblike ekspertnih sustava smještenih na mreži (tada se nije naslućivalo “oblak”). Smatrali smo tada da bi mogli biti smješteni na webu kao sustav brokera (Fenves i Garrett Jr.). Od toga se naravno nije ništa u tom obliku ostvarilo, bar do sada. No ostvaruje se u “oblaku”. Na primjer kao ilustracija može se navesti WEB applet za izračun rešetki na: <http://emweb.unl.edu/Mechanics-Pages/Nicholas-Loomis/trussApplet.html>

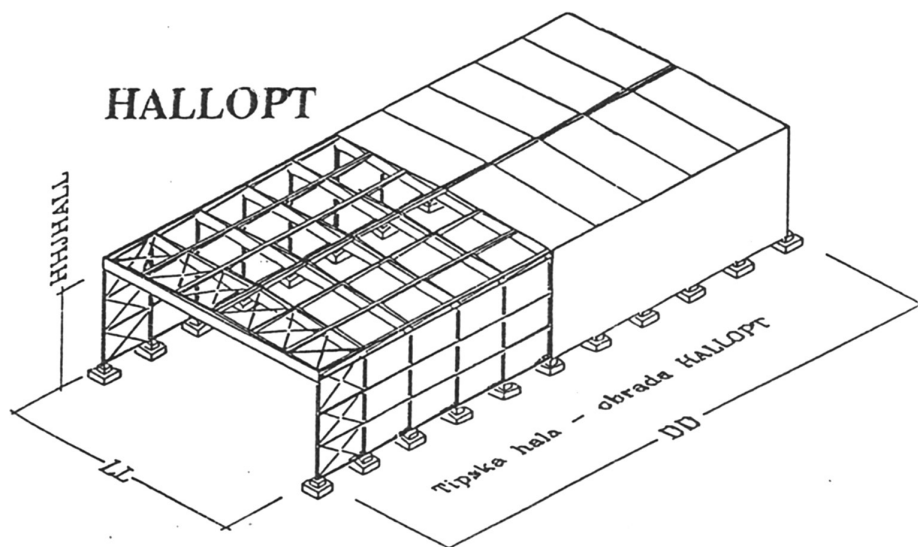
Dokazali smo, da se sve drvene konstrukcije mogu projektirati s ANN (deep learning), na primjerima izvedenih i CAD/FEM generiranih i analiziranih drvenih konstrukcija. Vjerojatno moguće i kod drugih konstrukcija iz drugih materijala. Sve to pokazuje potrebu totalne promjene u načinima edukacije studenata građevine. Mnoga znanja kojima smo bili “trenirani” u vrijeme ručnih kalkulacija, šibera, T-ravnala, u doba kad nije bilo kompjutera, danas nije potrebno učiti, ali ih se ne smije i zaboraviti.

Predpostavlja se, da neke vještine i postupci danas više (niti jednom inženjeru ili ekspertu) nisu potrebni, i da samo nepotrebno opterećuju kurikulume studija nepotrebним vještinama. Npr. kome je još od građevinskih inženjera – konstruktora potrebno znanje rješavanja višestruko neodređenih sustava postupcima metode sila, ili Crossov, ili Kanijev postupak, Clayperonove jednadžbe za rješavanje kontinuiranih

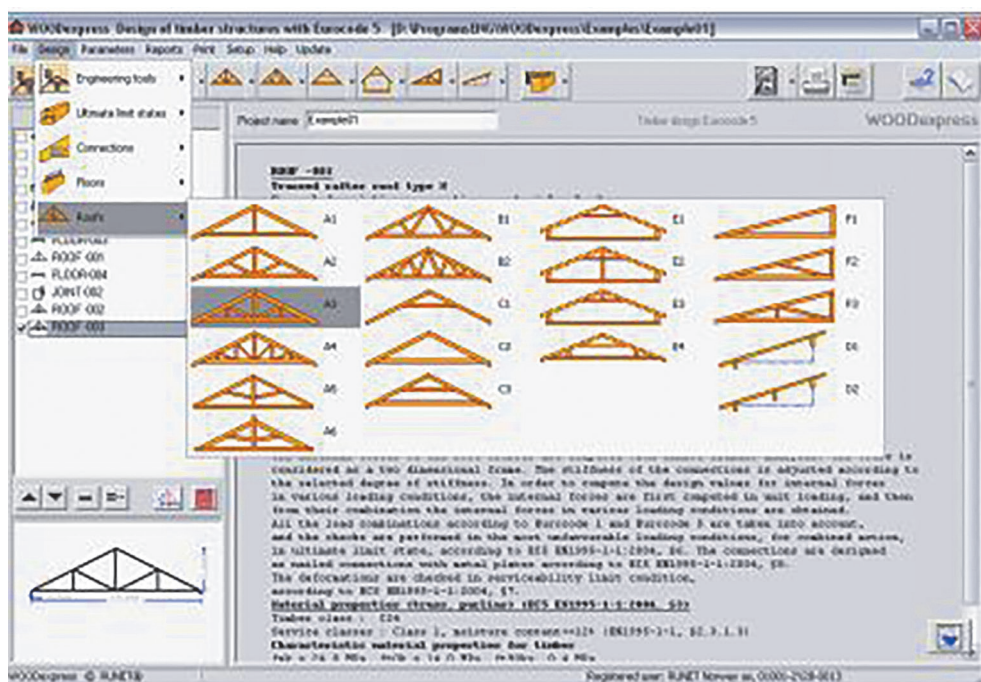
nosača, Cremonin i Wiliotov plan sila i pomaka, postupci stalnih točaka, elastično težište lukova, konstrukcije verižnih poligona, grafičke metode provjera tlačnih linija svodova, pa i onda i nekoć potrebni MTN dijagrami, i sl..... Također i cijela metoda i postupci dizajna po tzv. dopuštenim naprezanjima je danas povijest jednog velikog inženjerskog promašaja. No, svakako **ne bi trebalo ni zaboraviti** cijeli taj spektar/sklop znanja i građevinskih ostvarenja baziran na tim pred-EC standardima (postupci dimenzioniranja nosivih konstrukcija metodama dopuštenih



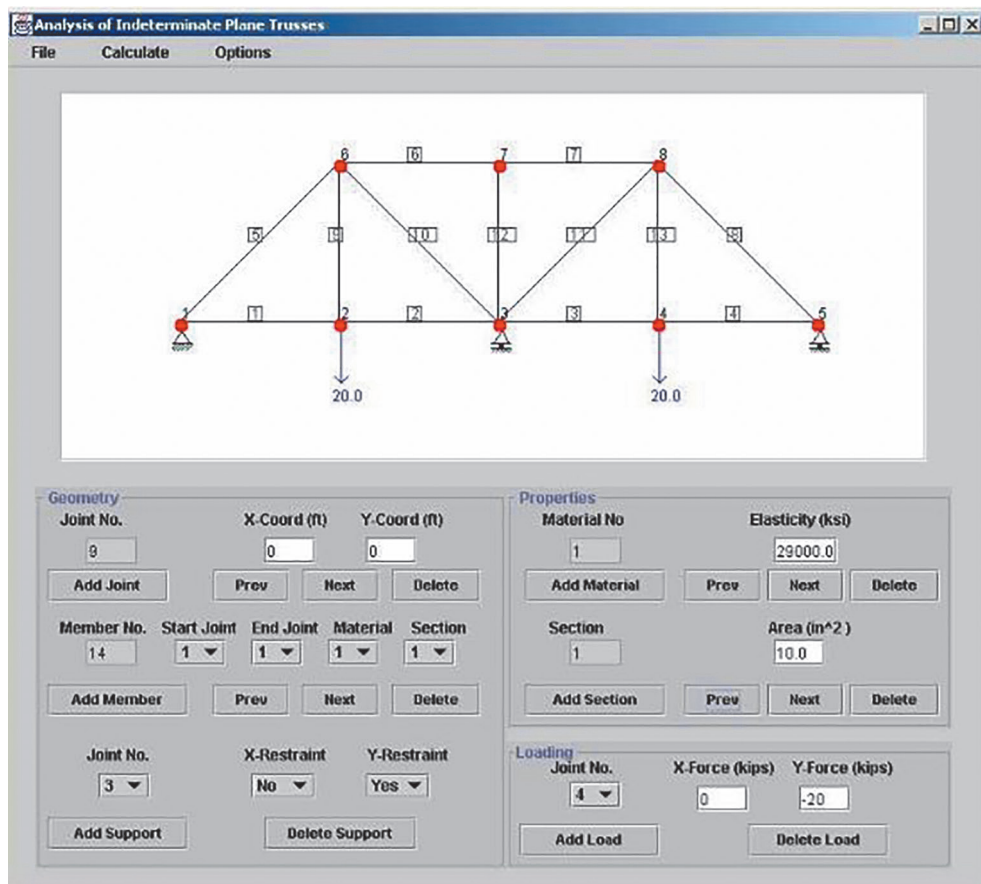
Sl. 12. Iz povijesti ES: Z. Žagar, Ekspertni KRB sustav za kompletni dizajn 3D dvo- i trozlobnih okvirnih hala od lameliranog drveta. IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989. , Expert Systems in Civil Engineering.



Sl. 13. RB ES HALLOPT, za cjenovno optimalni totalni dizajn prikazanih 3D tipskih hala, s lameliniranim nosačima na čeličnim stupovima na betonskim temeljima D. Delića, u (2).



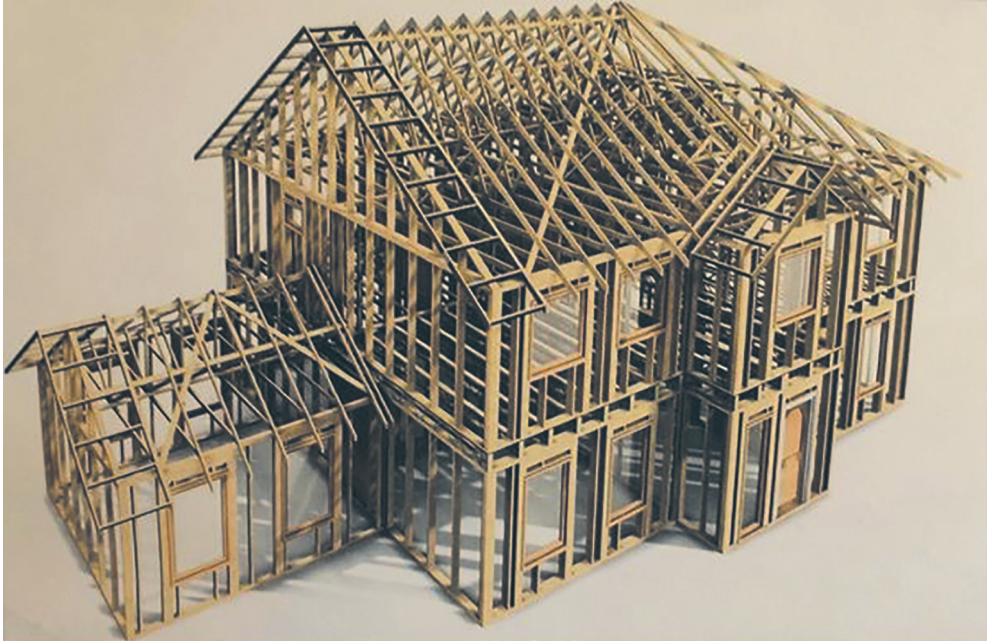
Sl. 14. Prikaz panela suvremenog ekspertnog sustava WOODEXPRESS TRADA, za dimenzioniranje tradicionalnih oblika drvenih krovnih rešetki (prema EC5 standardima). Postoji sličan na tabletima. Slični appletsi postoje i za druge tipove konstrukcija od drveta, betona, čelika, te proračune niza konstrukcija. Postoje i appletsi kao STEELEXPERT, RC-EXPERT, STAIREXPRT i sl.



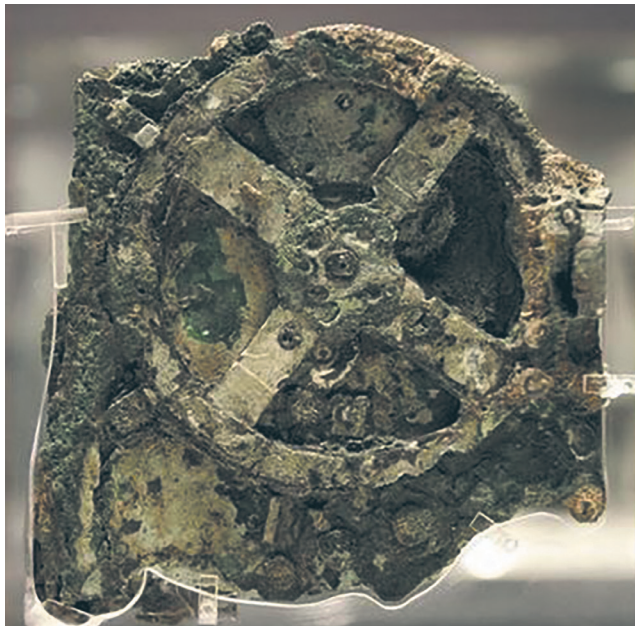
SI. 15. Primjer appletsa na WEBu. Prikaz upisnog panela (Java) appletsa za proračun i dimenzioniranje statički neodređenih rešetki, kojeg su s drugim appletima za proračun konstrukcija razvili Kamal B. Rojiani, B. Schottler i C. J. Via Jr. (Java Applets for Structural Analysis), s Department of Environmental Engineering Virginia Polytechnic Institute i State University, Blacksburg, Virginia.

napona)...a o čemu je napisano “brdo” biblioteka: knjiga, publikacija i znanstvenih radova... i projektirano i izvedeno na desetine tisuća i tisuće (milioni) građevina. No vrijeme teče i mijenjaju se okolnosti, potrebe, sadržaji....

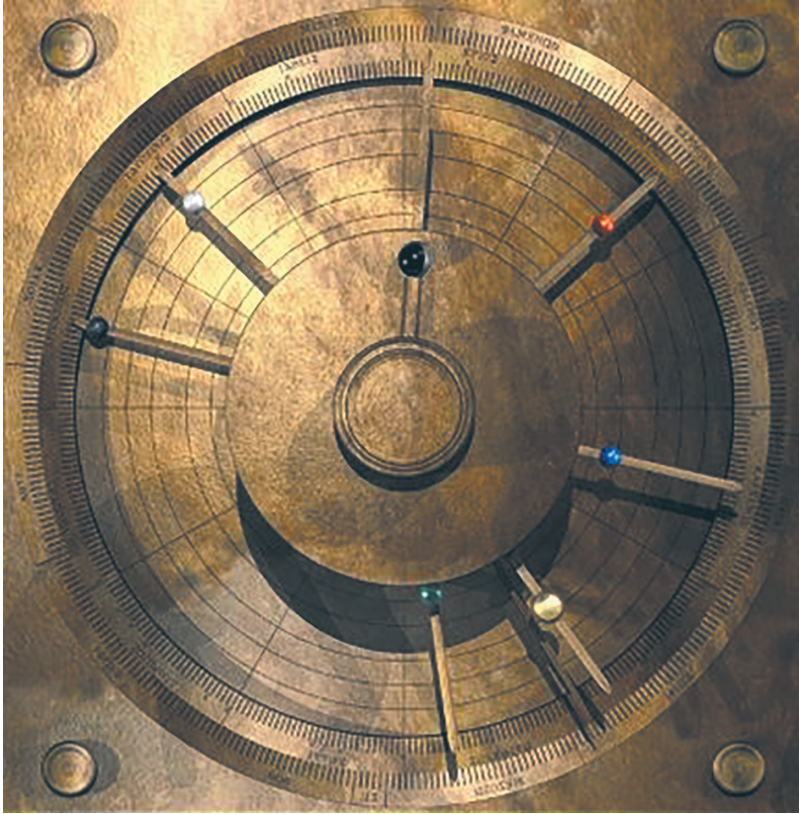
Na web stranici <http://www.engineersedge.com/calculators.htm> navodi se veliki broj dostupnih appletsa (kalkulatora) za dizajn i proračun niza konstruktivnih detalja i strukturalnih entiteta od raznih materijala, kao i kalkulatora opterećenja, a kojima se mogu služiti inženjeri i studenti u svakodnevnom poslu i učenju i radu na terenu. Postoji danas niz takvih WEB stranica. Takvi su i programi za izračun spojeva i detalja u drvenim konstrukcijama, razvijeni u TRADA i dostupni s njihove Web stranice. Jedan od tih je npr. i program STEP za brzi dizajn tipičnih nosivih elemenata drvenih konstrukcija i kontrolu spojeva u drvetu (prema EC5), čime je



Sl. 16. Suvremeni CAD design drvenih konstrukcija. CAD nacrti SE šalju CAM strojevima za robotsku izradu elemenata zgrade.



Sl. 17. Antikythera mehanizam (astroglob) izronjen 1900. Predpostavlja se izrada u vrijeme Arhimeda. Prije cca 2250 godina. Znanje potrebno za izradu datira i više stoljeća prije same izrade. <https://www.youtube.com/watch?v=nZXjUqLMgxM> i videolinkovi s te stranice



Sl. 18. Antiknytera rekonstrukcija. Zaboravljeno znanje, umijeće i tehnologija.
Rekonstrukcija: <https://www.youtube.com/watch?v=UpLcnAlpVRA>

bitno smanjen tediozni/mukotrpani i odbijajući proračun nosivosti, sigurnosti i upotrebljivosti drvenih konstrukcija prema EC5 standardima. Dobiva se i dojam da su EC standardi i pisani s namjerom eliminacije svih ručnih kalkulacija nosivosti, sigurnosti i upotrebljivosti svih tipova konstrukcija. To usmjereno vodi ka proračunskim modelima i korištenju CAD orijentiranih proračunskih paketa i dokidanju ručnih “provjera” i kalkulacija. Na <http://www.structuresapps.com/SA/Home.html> promovira se jedan takav applet.

Studentima bi bio zasnimljiv (za njih besplatni demo sustav), MasterSeries PowerPad, student edition 2015, koji se može dograditi na profesionalnu razinu. Odatle bi trebalo početi konstruktorsku edukaciju. Neke se “drage činjenice” treba outsursati...

Tako se upravo u Finskoj ukida predmet pisanja rukom. U nekim zemljama ta vještina je već ukinuta. Postoje danas tableti... pametni uređaji... IT tehnologija, informatika... 3D printeri, virtualna realnost, ogmentirana realnost, i ubrzo (u razvoju)

kinematografska stvarnost (cinematic reality) Magic Leap, što će uvesti revolucionarne promjene i u edukativne sustave.

Pa tiho su i nestali pisači strojevi...logaritamska računala... mehanički i elektromehanički računski strojevi (TRS, FACIT i sl.) itd...Pa i prvi ručni kalkulatori (sjećate li se SINCLAIR računala), main frame računala (UNIVAC SRCE, FUJICU-FACOM INUG,...), PDP-a, VAX-a itd.. te desktop kompjutera...No te vještine korištenja (kao i uređaji i konstruiranje tih uređaja) ne bi trebali biti zaboravljeni, već se moraju aktivno prezervirati, kao povijesni dokazi razvoja tehnologija, vještina, prošlih znanja i nekoć ingenioznih dovtljivih postupaka rješavanja aktualnih problema. Dapače, na tim novim arheološkim studijima se trebaju ta znanja i vještine održavati (kao što se to čini u religijama) i ako je moguće razvijati nove CAD, IT i ES, te postupke zasnovane na tim tako sačuvanim "tradicijama" struka. I na AI.

Prikazuju se dva primjera iz prošlosti struke i edukacije: jedan sa mojeg studija građevine, iz predmeta Teorija konstrukcija (prof. E. Erlich), 1952. sačuvanih bilješki o konstrukciji uticajnih linija za rešetke. Drugi je primjer je uzet iz literature tog vremena: znanstveni rad L.A. Beaufoy: Open-Spandrel Arch Analysis Assuming Continuity of Structure. Reprodukcija jedne stranice tog rada iz mojih onodobnih fotokopija tog rada. Citiran je i u inženjerskim memoarima IABSE (<http://retro.se-als.ch/digbib/view?pid=bse-me-001:1953:13::52>). IABSE sustavno radi reprinte prijašnjih objavljenih inženjerskih znanstvenih dostignuća.

Danas sve potpuno irelevantno za proračune konstrukcija. Treba i napomenuti da je u to vrijeme već bio razvijan i operabilan (na strateškoj razini DF USA) program

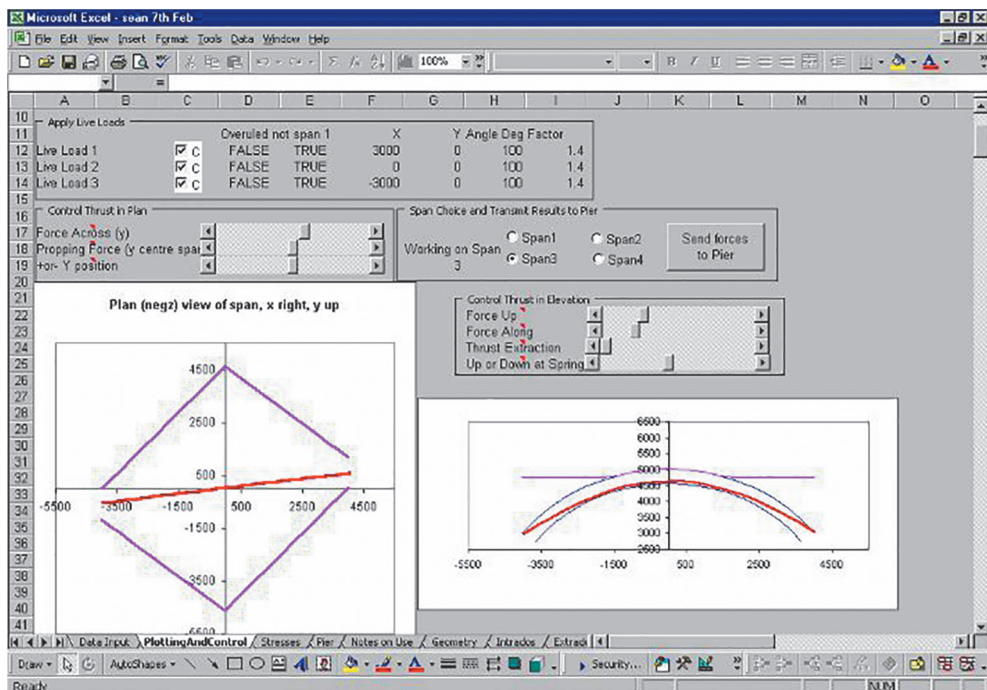


Sl. 19. Nedovršeni megalitni obelisk (oko 1200 t) u Baalbeku. Izgubljena tehnologija i znanje. Također treba pogledati video na: <https://www.youtube.com/watch?v=SmWum2RKwW0>

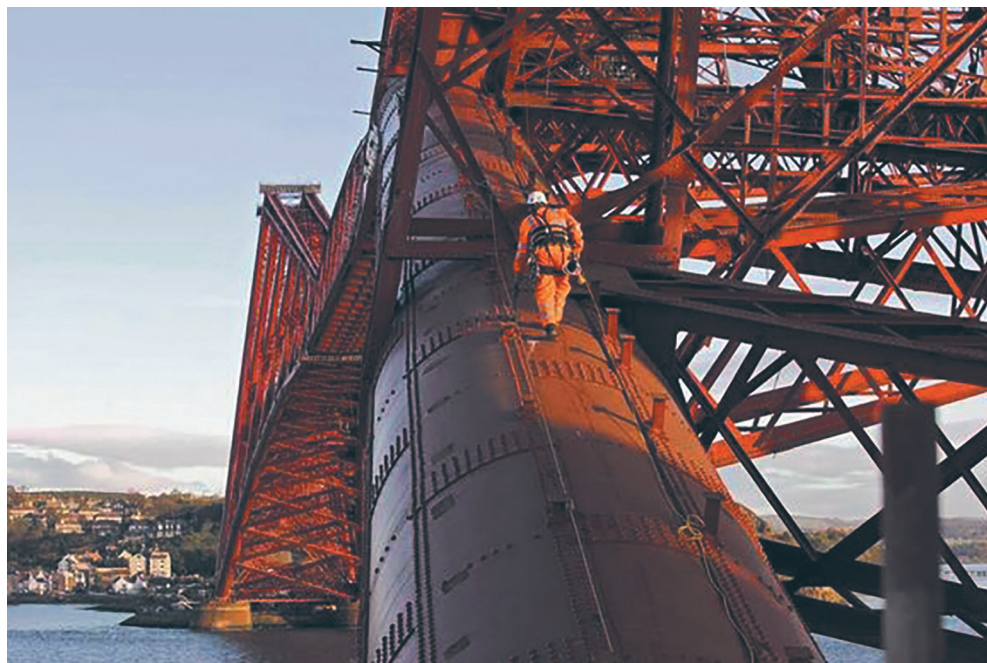
STRESS, o kojemu nismo još dugo vremena ništa čuli (recimo do 1971.), kao i o primjenu kompjutera u inženjerskim strukama. Doprinos prvoj kompjuterizaciji u konstrukterstvu dali su u tadašnjem IPZ-u pokojni ing. Krsto Košćević (bio jedno vrijeme u predstavništvu IBM-a), a u RC Jugomonta dr. Ing. Mladen Bandić. I nakon uvođenja kompjuterskih analiza u dizajn mostova u grupi M1 u IPZ-u (Zagreb), još su se neko vrijeme provodili paralelni manualni i digitalni proračuni konstrukcija (već se i koristio ICES STRUDL2, tada operabilan na mainframe računalima), zbog “nepovjerenja” u taj (“novi”) digitalni medij matičnog FE proračuna konstrukcija.

Vjerojatno je da više nitko od konstruktera i ne zna postupke, s kojima smo se nekoć opsežnom (ručnom) numerikom (beskorisno) namučili! I ne sjeća se knjiga iz kojih smo te postupke učili, te programa koje smo radili: ručno računali (devetični ostatak!), izrađivali programe i rukom crtali...tušem po hameru... ponekad i raznobojno. Pogotovo crteže zakivanih konstrukcija! Sve je to trebalo sačuvati.

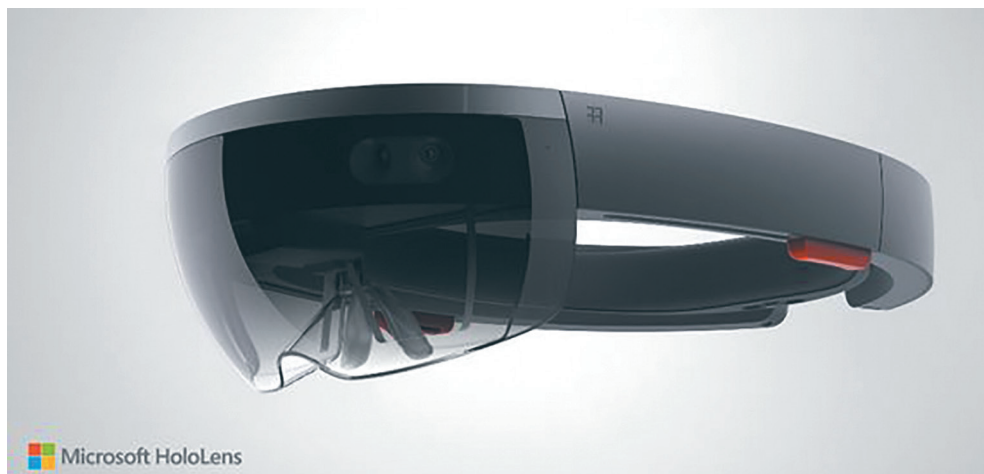
Takvih pobrojanih primjera tehničkih postupaka ima bezbroj i u drugim znanostima i bilo bi šteta zaboraviti ih. Poneki postupci se mogu i (iznenađujuće) revitalizirati u novoj IT –CAD pogodnoj formi, kao što je revitalizacija postupka s verižnim poligonima u RHINOCEOS 4.0 i GRASSHOPPER s Rhinoscriptom (8).



Sl. 20. 3D grafički prikazi analize položaja tlačnih linija svodova zidanih svodjenih željezničkih mostova pruga u VB. Revival jedne (pra)stare ideje primjene verižnog poligona u novom ruhu korištenjem EXCELA.



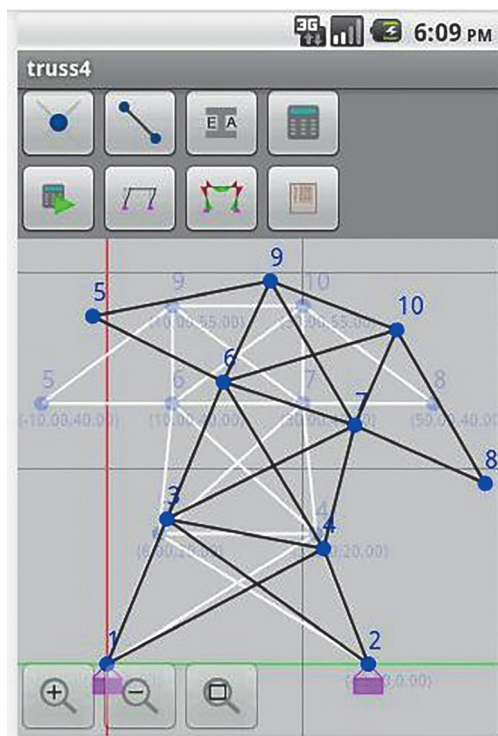
Sl. 21. Detalji zakivane konstrukcije čelične konstrukcije mosta Firth of Forth (1980.). Danas teško zamislivog poduhvata izvedbe prostorne zakivane konstrukcije (osam miliona zakovica).



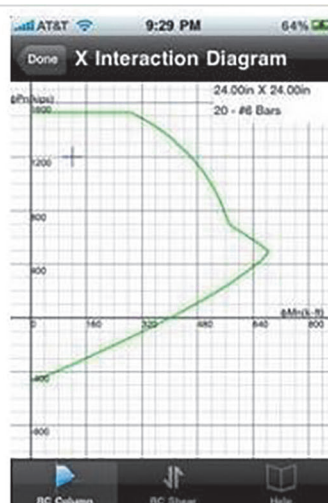
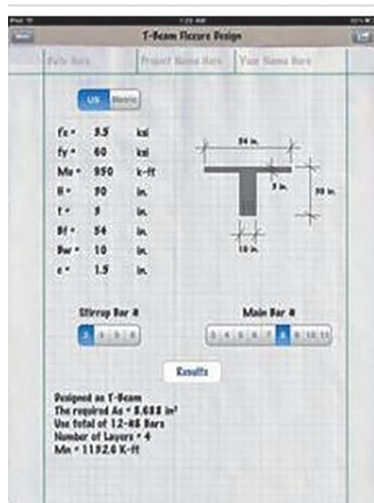
SI. 22. Microsoft HoloLens kompjuter s holografskim prikazom unapređene stvarnosti (augmented reality). Možemo si zamisliti posljedice CAD dizajna u VR prostoru.
http://www.tportal.hr/gadgeterija/tehnologija/366809/Microsoftov-HoloLens-nije-ono-sto-mislite-da-jest.html?utm_source=clanci&utm_medium=manual2&utm_campaign=clanci_manual



SI. 23. Bivši dekan AF u Zagrebu s OculusRiftom (snimio R. Vdović).



SI. 24. Primjer android aplikacija za proračun 2D rešetki. Novi pristupi:
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.teobou>



SI. 25. iPhone aplikacija za dimensioniranje armirano betonskih presjeka. RC Beam and RC Design:
http://www.theappreviewzone.com/guest_reviews/10-awesome-iphone-apps-for-engineers/

Slično: <http://appcrawlr.com/ios/rc-beam>

U relativno kratkom vremenu ostvario se put od “šibera” do iPhone aplikacija.



Sl. 26. Jedan drugi pogled na u kamenolomu nedovršeni obelisk: zaboravljene manipulativne tehnologije.

Također treba navesti i da se (iznenađujuće) novi kompjuterski alati mogu koristiti u istraživanju klasičnih problema. Navodi se tako recentni rad B. Harveya i E. Mannдела koji su koristili spreadsheet EXCELa za grafičko numeričku 3D analizu položaja tlačnih linija zidanih svodova (željezničkih mostova u Engleskoj).

Ne navodi se više primjera, jer ih ima bezbroj. Sve je posljedica naglog razvoja IT i već sada i početnog (munjevitog) razvoja (IoT), sve prisutnog svudašnjeg (ubiquitous) kompjutinga, te eksplozije podataka, kojima više ni klasični mediji korištenja informacija nisu dorasli. Ne treba smetnuti s uma da se implementacije IoT (interneta predmeta) predviđa do 2020. (izvještaj njemačkog ministarstva znanosti i obrazovanja **INDUSTRIE 4.0**, iz travnja 2013), odnosno **Vint research reports** (1,2,3,4) dokumentaciju, napretka IT. Nismo se još ni dotakli, robotike u graditeljstvu, virtualne realnosti i dizajna u tom mediju budućnosti: 3D VR CAD-a, kinematografske realnosti (Magic Leap), a niti 3D printinga. Naime 3D printing se ne odnosi samo na male predmete, već i veće cjeline, npr. isprint cijelih zgrada.

Znanje brzo zastarjeva i bilo bi opasno samo ga zaboraviti, jer ćemo se ubrzo naći u situaciji da i ne znamo da je nekoć to znanje postojalo, bilo živo i koristilo se u razvoju današnjih znanja. Nažalost, bojim se da smo u čuvanju prošlih znanja već zakasnili. Puno toga prošlog znanja i vještina je već propalo, zaboravljeno, no neka se još danas predaju na edukacionim ustanovama, gdje opterećuju kurikule nastave budućih eksperata područja koje mi danas i ne naslućujemo. Npr. moguće spajanje (merging) navedenog programa za 3D prikaz analize tlačnih linija zidanih

svodova mostova s virtualnom realnosti (ili s CAD kinematografskom realnošću). Ti primjeri zorno predočuju potrebu AKTIVNIH čuvanja prošlih tehničkih (a vjerojatno i drugih) danas “pasee” znanja. Očito je da se CIJELA EDUKACIJA inženjerskih struka mora promijeniti. Kao i sama arheologija.

Literatura

- [1] Web stranica: <http://zimo.dnevnik.hr/tehnologija/ovo-su-dokazi-da-zivimo-u-buducnosti-1/10205#.VJAybXvLVVd>
- [2] Z. Žagar, Ekspertni sustavi, skripta, Građevinski fakultet Zagreb, 1991.
- [3] Materijali IABSE COLLOQUIUM Bergamo 1989, Expert systems in Civil Engineering,
- [4] Jamer H. Garrett, Jr. IABSE SURVEYS S-45/90 Knowledge-Based Expert Systems: Past, Present and Future, IABSE Periodica 3/1990.
- [5] Symposium Report, Computers in the Practice of Building and Civil Engineering, ECCE Symposium, Lahti, Finska, 1997.
- [6] D. Delić: Design of structural elements by use of Expert Networks, u (5), 141-146.
- [7] Z. Žagar, A. Bjelanović: CN (EC5) Standards for design of Timber Structures in Expert System Form u (5), 228-232
- [8] Zoran Boševski, seminarski rad, doktorski studij Arhitektonski fakultet, 2010.
- [9] Z. Žagar: NOSIVE KONSTRUKCIJE: STRESS rješavač inženjerskih problema, skripta, Saobraćajni studij Sveučilišta u Zagrebu, 1975.
- [10] Z. Žagar: Ekspertni sustavi, Ceste i mostovi, br. 3, god. 39, 1993., 51-59.
- [11] Zvonimir Žagar, Kako nadvladati zasade naslijeđa u školovanju građevinskih inženjera (I dio), Tehnika, Naše građevinarstvo, god 60-2006, br.4, 8-14.
- [12] Zvonimir Žagar, Kako nadvladati zasade naslijeđa u školovanju građevinskih inženjera (II dio), Tehnika, Naše građevinarstvo, god 60-2006, br.5, str. 13-18.
- [13] ICT ART CONNECT activities linking ICT and art, past experience future activities, ICT ART CONNECT, study, December, 2014. (www.ictartconnect.eu)
- [14] Web stranica: www.kurzweil.net/forums/
- [15] C. A. Felippa, A Historical Outline of Matrix Structural Analysis, A Play in Three Acts, Dept. Of Aerospace Eng. Sciences, University of Colorado, Boulder, Colorado, 2000.
- [16] Karl-Eugen Kurrer, The History of Theory of Structures, From Arch Analyses to Computational Mechanics, Ernst&Sohn, 2008.
- [17] Bill Harvey, Edward Mannder, Thrust line analyses of complex masonry structures using spreadsheets, Historical Constructions, P.B. Lourenço, P. Roca (Eds), Guimareas, 2001. (521-528).
- [18] http://www.theappreviewzone.com/guest_reviews/10-awesome-iphone-apps-for-engineers/
- [19] <https://www.youtube.com/watch?v=h6H13Mi6Kds&list=PL1z7PPN1xHE2vdY-do5M4HS9rIyXgleCY-&index=16>
- [20] <http://www.amazon.com.au/ETB-Engineering-Concrete-Beam-Designer/dp/B004Y1PLQ4>
- [21] <https://itunes.apple.com/us/app/steel-columns-checker./id510791857?mt=8>
- [22] <http://www.bbc.com/news/science-environment-31450389>
- [23] Vint research report 3, 2015: <https://us.sogeti.com/wp-content/uploads/2014/04/Big-data-report-4.pdf>
- [24] Povijest filozofije tehnike– radovi– EDZ sekcije 2012.-2016. Urednici: Z. Benčić, J. Moser; Biblioteka Elektrotehničkog društva Zagreb, KIKLOS-krug knjige d.o.o., Zagreb 2017.

