

Numerička analiza

1. predavanje

Saša Singer

`singer@math.hr`

`web.math.hr/~singer`

PMF – Matematički odjel, Zagreb

Dobar dan, dobro došli

Sadržaj predavanja

- Uvod u kolegij:
 - Tko sam, što sam i kako do mene.
 - Pregled sadržaja kolegija “Numerička analiza”.
 - Ostale važne informacije o kolegiju. Posebno:
 - Pristupni ispit iz “Numeričke analize”.
 - Literatura.
 - Moja web–stranica.
- Uvodna priča o greškama:
 - Primjeri iz prakse — posljedice grešaka.

Primjeri “grešaka” iz prakse

Promašaj raketa Patriot

- U Zaljevskom ratu, 25. veljače 1991. godine, Patriot rakete iznad Dhahrana u Saudijskoj Arabiji nisu uspjele oboriti iračku Scud raketu.
- Raketa je pukim slučajem pala na američku vojnu bazu usmrтивši 28 i ranivši stotinjak ljudi.



Promašaj raketa Patriot (nastavak)

Istraga otkriva sljedeće:

- Računalo koje je upravljalo Patriot raketama, vrijeme je brojilo u desetinkama sekunde proteklim od trenutka paljenja.
- Desetinka sekunde binarno

$$0.1_{10} = (0.00011)_2.$$

- To računalo prikazivalo je realne brojeve korištenjem nenormalizirane mantise duljine 23 bita.
- Spremanjem 0.1 u registar takvog računala radi se (apsolutna) greška $\approx 9.5 \cdot 10^{-8}$.

Promašaj raketa Patriot (nastavak)

Detalji:

- Računalo je bilo u pogonu 100 sati, pa je ukupna greška zaokruživanja bila

$$100 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 10 \cdot 9.5 \cdot 10^{-8} = 0.34 \text{ s.}$$

- Scud raketa putuje brzinom $\approx 1.6 \text{ km/s}$, pa je tražena više od pola kilometra daleko od stvarnog položaja.
- Greška uočena dva tjedna ranije nakon 8 sati rada sustava. Modifikacija programa stigla dan nakon nesreće.
- Posade sustava mogle su (ali nisu) dobiti uputu o “isključivanju i uključivanju računala” svakih nekoliko sati.

Samouništenje Ariane 5

- Raketa Ariane 5 lansirana 4. lipnja 1995. godine iz Kouroua (Francuska Gvajana) nosila je u putanju oko Zemlje komunikacijske satelite vrijednost 500 milijuna USD.
- 37 sekundi nakon lansiranja izvršila je samouništenje.



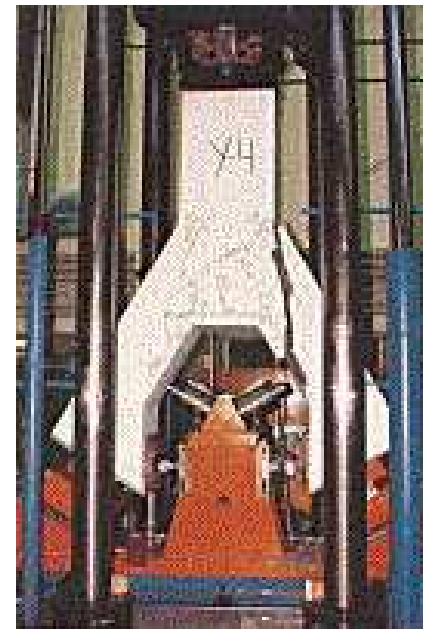
Samouništenje Ariane 5 (nastavak)

Objašnjenje:

- U programu za vođenje rakete postojala je varijabla koja je horizontalnu brzinu rakete (nije koristila ničemu).
- Greška je nastupila kad je program pokušao pretvoriti preveliki 64-bitni realni broj u 16-bitni cijeli broj.
- Računalo je javilo grešku, što je izazvalo samouništenje.
- Isti program bio korišten u prijašnjoj sporijoj verziji Ariane 4, pa do katastrofe nije došlo.

Potonuće naftne platforme

- Naftna platforma Sleipner A potonula je prilikom sidrenja, 23. kolovoza 1991. u blizini Stavangera.
- Baza platforme su 24 betonske ćelije, od kojih su 4 produljene u šuplje stupove na kojima leži paluba.



Potonuće naftne platforme (nastavak)

- Prilikom uronjavanja baze došlo je do pucanja veza među ćelijama (v. sliku).
- Rušenje je izazvalo potres jačine 3.0 stupnja po Richterovoj ljestvici i štetu od 700 milijuna USD.
- Greška je nastala u projektiranju, primjenom standardnog paketa programa, kad je upotrijebljena metoda konačnih elemenata s nedovoljnom točnošću.
- Proračun je dao naprezanja 47% manja od stvarnih.
- Točnijim proračunom utvrđeno je da su ćelije morale popustiti na dubini od 62 metra, a popustile su na 65 metara!