

## Poglavje 1

# Človeški vplivi na zanesljivost računalniških sistemov

Z vidika zanesljivosti delovanja računalniških sistemov je eden od pomembnih vplivnih dejavnikov tudi *človek*. Njegov vpliv na zanesljivost delovanja sistema se odraža skozi napake vnešene v fazi izdelave sistema (*moment snovalca*) in kasneje v fazi eksploatacije sistema skozi napake pri *interakciji s sistemom* (*moment uporabnika*). Ključne besede, ki definirajo omenjeno področje, so *verjetnost človeške napake* (angl. *human error probability*), *človeška zanesljivost* (angl. *human reliability*), *analiza človeške zanesljivosti* (angl. *human reliability analysis*), *interakcija človek - računalnik* (angl. *human - computer interaction*) itd. Človeške napake so vzrok za velik delež odpovedi tako računalniških, kot tudi ostalih kompleksnih sistemov.

V predhodnih poglavjih smo že govorili o možnosti vnosa napak v specifikacije, programsko in strojno opremo, za katere je odgovoren snovalec. V pričujočem poglavju se zato posvetimo analizi *uporabnika sistema* (angl. *operator*), čigar napake so mnogokrat razlog za odpoved sistema kot celote. V tem primeru govorimo o vplivu *človeškega faktorja* (angl. *human factor*). Po [1] se kar 70% odstotkov letalskih nesreč in 60% jedrskih incidentov zgodi po zaslugi človeških - uporabniških napak (angl. *human malfunctions*). Tako lahko zanesljivost uporabniške interakcije s sistemom postavimo ob bok zanesljivosti programske in strojne opreme sistema. Simbolično to zapišemo z relacijo

$$R_{sys}(t) = f(R_{HW}(t), R_{SW}(t), R_{USER}(t)), \quad (1.1)$$

kjer  $R_{HW}(t)$  predstavlja izračunano zanesljivost delovanja sistema v časovni točki  $t$  ob upoštevanju odpovedovanja strojnih komponent,  $R_{SW}(t)$  izračunano zanesljivost delovanja sistema v časovni točki  $t$  ob upoštevanju odpovedovanja programske opreme in  $R_{USER}(t)$  zanesljivost delovanja sistema v časovni točki  $t$  ob upoštevanju porajanja uporabniških napak pri interakciji s sistemom.

V fazi eksploatacije sistema smo mnogokrat priče paralelnemu delovanju računalniškega sistema in uporabnika. Prvi je praviloma *zanesljivejši* in *hitrejši* v

kontekstu izvajanja velike množice ukazov, drugi pa bolj *fleksibilen* in *adaptiven*, ter primeren za odločanje v primeru nepredvidenih dogodkov [2]. Uporabniški moment večkrat označujemo z angleškim terminom *liveware*. Ob upoštevanju uporabnikove interakcije imamo tako dva vira napak in sicer napake, ki izhajajo iz računalniškega sistema samega (strojne in programske opreme) in napake uporabnika pri interakciji s sistemom.

V pričujočem poglavju skušamo razjasniti *interakcijski odnos* med uporabnikom in računalniškim sistemom ter identificirati možne vplive uporabnika na zanesljivost delovanje sistema kot celote.

## 1.1 Vzroki porajanja uporabniških napak pri interakciji s sistemom

Uporabnik s sistemom vrši enostavnejšo ali zahtevnejšo interakcijo. Zanesljivost njegove interakcije (angl. *human behaviour*), ki se manifestira z intenzivnostjo porajanja napak pri interakciji, je v numeričnem smislu težko izraziti. V nadaljevanju naštejemo nekaj uporabnikovih lastnosti, ki vplivajo na kvaliteto interakcije uporabnika s sistemom in s tem posredno na zanesljivost delovanja sistema kot celote. Te lastnosti uporabnika so sledeče [1]:

- *fiziološke lastnosti*:
  - starost uporabnika,
  - zdravje uporabnika (npr. vid, sluh, motorične zmožnosti itd.),
  - mentalne zmožnosti uporabnika (angl. *state of mind*),
  - percepcijske ali zaznavne zmožnosti uporabnika,
  - utrujenost in stres,
- *psihološke lastnosti*:
  - nagnjenost uporabnika k napakam (npr. površnost),
  - „nadarjenost“ uporabnika za interakcijo z računalniškimi sistemi,
  - strah pred uporabo ali odpor do uporabe sistema,
- *sociološke lastnosti*:
  - pozitiven ali negativen odnos (angl. *attitude*) uporabnika do uporabe sistema,
  - čustva (angl. *emotions*) uporabnika,
  - eventuelna zlonamernost uporabnika,
- *organizacijske lastnosti*:
  - izšolanost uporabnika za uporabo sistema,
  - (pre)obremenjenost uporabnika.

Zaradi predhodno naštetih vplivnih lastnosti bo uporabnik ob interakciji s sistemom v eksploatacijski dobi delal napake, zato je pomembno, da je sistem zasnovan po principu tolerance do napak uporabnika (angl. *user error tolerant design*) in po principu usmerjenosti sistema k uporabniku (angl. *user centered design*). Prvi princip omogoča normalno delovanje sistema navkljub pojavitvam uporabniških napak, drugi princip pa predvideva takšno zasnovano interakcije s sistemom, ki zmanjša porajanje uporabniških napak.

## 1.2 Funkcije uporabnika v interakciji s sistemom

Uporabnik v kompleksnejših misijsko kritičnih sistemih z interakcijo s sistemom vrši funkcije vzdrževanja (angl. *maintaining*), nadzora (angl. *supervising*) ali kontrole (angl. *controlling*) sistema [1]. Natančnejše lahko funkcije človeka - uporabnika sistema razčlenimo na naslednje kategorije, pri čemer pomen funkcije uporabnika po naštetih alineah narašča:

- *človek - opazovalec sistema* - uporabnik v tem primeru detektira probleme na katere naleti sistem in ustrezno ukrepa; pri tem je uporabniku zadana funkcija odločanja o tem, ali je ukrepanje v primeru pojavitve problema sploh možno; slednje je odvisno od tega, ali ima človek dovolj podatkov za odločanje; na istem mestu je potrebno poudariti, da so določeni problemi (npr. odpovedi tehničnega sistema) lahko uporabniku nevidni;
- *človek - „backup“ sistema* - uporabnik v tem primeru vrši funkcijo rezervnega odločevalca, ki v primeru anomalničnega delovanja sistema prevzame odločanje v kompleksnem sistemu; tipičen primer tovrstnega odnosa je avtomatizirani pristajalni sistem civilnega potniškega letala, ki ga pilot lahko v primeru nedefiniranih ali ekstremnih razmer izključi in sam prevzame nadzor nad plovilom [2];
- *človek - partner sistema* - človek in sistem delujeta (se odločata) v enakopravnem odnosu;
- *človek - uporabnik sistema* - uporabnik v tem primeru igra prioritarno vlogo in zgolj vodi sistem skozi faze opravila ciljnega postopka;

## 1.3 Vrste napak uporabnika

Uporabniške napake pri interakciji s sistemom razdelimo na naslednje skupine:

- napake pri detekciji (zaznavanju) problema: uporabnik problema v sistemu ne detektira (ga ne opazi), ali pa ga detektira napačno (identificira napačen problem);
- napake pri diagnosticiranju problema: uporabnik identificira napačne vzroke in posledice problema;

- napake pri načrtu reševanja problema in izvajanju reševalnih akcij: uporabnik se napačno odzove in napačno izvede procedure reševanja problema;

## 1.4 Ergonomija vmesnika med sistemom in uporabnikom

*Ergonomija* (angl. *ergonomics*) je veda, ki se ukvarja z raziskovanjem človeških telesnih in duševnih zmožnosti in njim ustreznim prilagajanjem delovnih sredstev (orodij) in obremenitev. Z vidika interakcije uporabnika z računalniškim sistemom so ergonomski parametri *uporabniškega vmesnika* (angl. *user interface*) med uporabnikom in tehničnim sistemom sledeči:

- varnost uporabe (angl. *safety*),
- udobnost uporabe (angl. *comfort*) ali uporabniška prijaznost,
- enostavnost uporabe (angl. *ease of use*),
- produktivnost uporabe (angl. *productivity performance*),
- estetski izgled vmesnika (angl. *aesthetics*).

Vrste ergonomije so sledeče:

- *fizična ergonomija*: ukvarja se s fizičnimi karakteristikami vmesnikov (oblika, material itd.);
- *kognitivna ergonomija*: ukvarja se s problemom zaznave na mentalnem nivoju; tipična primera na področju računalništva sta vizuelno (barvno, pomensko itd.) in zvočno opremljanje vmesnikov;
- *organizacijska ergonomija*: ukvarja se z ekonomičnostjo organizacije vmesnika med uporabnikom in sistemom; tipičen primer doseganja čimboljše tovrstne ergonomije na področju računalništva je oddaljenost interakcijske točke, do katere mora priti uporabnik, da bi izvedel željeno operacijo (npr. število klikov ali dotikov do dosega željene funkcije);

Z vidika načrtovanja uporabniškega vmesnika načrtovalska pravila računalniške ergonomije velevajo upoštevanje zgodnjega usmerjanja na uporabnika in njegova predvidena opravila (angl. *early focus on users and tasks*) in sprotno testiranje vmesnika z bodočim uporabnikom (angl. *empirical measurement in early desing*). Tipična konkretna izhodišča načrtovanja uporabniških vmesnikov z vidika ergonomije so sledeča:

- *redundantni prikaz pomembnih podatkov na vmesniku*: pogost zgled redundantnega prikaza najdemo na prometnih semaforjih, kjer je pomen informacije hranjen dvakratno (redundantno) - po eni plati z lego luči (pozicija luči za dovoljenje premikanja običajno spodaj), po drugi plati

pa z barvo luči (barva luči za dovoljenje premikanja običajno zelena); podoben primer najdemo v enostavni interakciji z okenskimi aplikacijami, kjer sta gumba za potrditev ali zavrnitev akcije venomer dva (npr. OK, ali Cancel), istočasno pa sta še barvno različno obarvana (npr. zeleno ali rdeče);

- *eliminacija podobnosti*: podatke, ki so si pomensko nasprotujoči, moramo v kontekstu eliminacije podobnosti prikazati na čimbolj različne načine;
- *uporaba slikovnega realizma*: podatke moramo upodobiti v kontekstu njihovega pomena; tipičen primer tovrstnih upodobitev so vizualizacije pomena programskih ikon;
- *uporaba realne animacije*: podatke, ki so dinamične narave, moramo upodobiti v obliki animacij (npr. gibanje vrednosti senzorsko zajetih podatkov na zaslonih);
- *minimizacija oddaljenosti*: do vseh točk, ki so z vidika uporabniške interakcije frekvenčno pogosto obiskovane, moramo minimizirati dolžino poti; pod dolžino poti smatramo število vejanj, klikov, dotikov itd., skratka uporabniških dejanj;

## 1.5 Primer pristopa k analizi zanesljivosti uporabnika

Metodologija analize zanesljivosti uporabnika (*human reliability analysis* - HRA) je eno od najmanj razvitih področij zanesljivosti na splošno. V pričujočem razdelku predstavimo enostaven primer tovrstne analize.

V viru [1] najdemo opisano HRA metodo SHARP (angl. *systematic human action reliability procedure*), ki je sestavljena iz sledečih korakov:

- identifikacija vseh možnih interakcij uporabnika s sistemom,
- izbor ključnih interakcij, ki vplivajo na zanesljivost sistema,
- izdelava natančnega opisa pomembnih predvidenih uporabnikovih akcij - odzivov,
- izdelava kvalitativnega modela (npr. FTA modela),
- identifikacija vpliva ključnih interakcij,
- numerično ovrednotenje pojavnosti napak v interakciji.

Metoda sama nam ne ponuja konkretnih načinov numeričnega ovrednotenja HRA rezultatov, nas pa seznanja s ključnimi koraki, ki so pomembni pri hipotetičnem ovrednotenju zanesljivosti uporabniške interakcije.



# Literatura

- [1] M. Modarres, M. Kaminskiy, and V. Krivtsov, *Reliability engineering and risk analysis*. Marcel Dekker Inc., 1999.
- [2] N. Storey, *Safety critical computer systems*. Addison Wesley Longman, 1996.