# Verifikacija softvera

## — Statička analiza —

Milena Vujošević Janičić

www.matf.bg.ac.rs/~milena

Matematički fakultet, Univerzitet u Beogradu

# Pregled

# Statička analiza

**Statička analiza je ...**

... analiza koda bez njegovog izvršavanja sa ciljem pronalaženja defekata u kodu.

**Statička analiza može biti ...**

... u obliku pregleda ili automatizovana.

# Pregled

# Statička analiza — pregledi koda

## Pregledi koda (engl. *code review*)

- Pregledi obuhvataju ljudske kontrole koda najčešće pre nego što kôd uđe u glavni repozitorijum
- Pregledima se otkrivaju razne vrste grešaka
- Cilj pregleda je povećanje kvaliteta koda, kako smanjivanjem broja grešaka, tako i po pitanju poštovanja pravila kodiranja i dokumentovanja koda
- Pregledima se ostvaruju i razni drugi ciljevi
- Pregledi ne mogu da garantuju da greške neće promaći

# Šta se pregleda?

## Pregledi daju odgovore na razna pitanja...

- Da li postoje neke očigledne logičke greške u kodu?
- Ako se posmatraju zahtevi koji su postavljeni, da li su svi slučajevi pokriveni i u potpunosti implementirani?
- Da li su novi testovi koji se dodaju dovoljni za nov kôd?
- Da li postojeći testovi treba da se promene da bi se uzele u obzir nove promene?
- Da li novi kod prati opšti stil programiranja na projektu?
- Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje (npr polimorfizam umesto if-ova, postojeće implementacije funkcija ili bibliotečke funkcije umesto novo-napisanih funkcija...)?

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje?

```
int x, y, Q, p, A, b, c, D, d;
scanf("%d%d%d%d",&x,&y,&p,&d);
Q = 2*(x + y);
c = x*y;
A = 2*(p+b);
D = p*b;
```

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje?

```
int x, y, Q, p, A, b, c, D, d;
scanf("%d%d%d%d",&x,&y,&p,&d);
Q = 2*(x + y);
c = x*y;
A = 2*(p+b);
D = p*b;
```

- Potrebno je preimenovati sve promenljive. Imenovanje je nekonzistentno (velika i mala slova) i nedeskriptivno (nije jasan smisao promenljivih).

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje?

```
int x, y, Q, p, A, b, c, D, d;
scanf("%d%d%d%d",&x,&y,&p,&d);
Q = 2*(x + y);
c = x*y;
A = 2*(p+b);
D = p*b;
```

- Potrebno je preimenovati sve promenljive. Imenovanje je nekonzistentno (velika i mala slova) i nedeskriptivno (nije jasan smisao promenljivih).
- Kod treba da bude konzistentno formatiran (u nekim izrazima postoji a u nekim ne postoji blanko izmedju operatora).

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje?

```
int x, y, Q, p, A, b, c, D, d;
scanf("%d%d%d%d",&x,&y,&p,&d);
Q = 2*(x + y);
c = x*y;
A = 2*(p+b);
D = p*b;
```

- Potrebno je preimenovati sve promenljive. Imenovanje je nekonzistentno (velika i mala slova) i nedeskriptivno (nije jasan smisao promenljivih).
- Kod treba da bude konzistentno formatiran (u nekim izrazima postoji a u nekim ne postoji blanko izmedju operatora).
- Koristi se neinicijalizovana promenljiva b - verovatno je u pitanju greška.

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje?

```
int x, y, Q, p, A, b, c, D, d;
scanf("%d%d%d%d",&x,&y,&p,&d);
Q = 2*(x + y);
c = x*y;
A = 2*(p+b);
D = p*b;
```

- Potrebno je preimenovati sve promenljive. Imenovanje je nekonzistentno (velika i mala slova) i nedeskriptivno (nije jasan smisao promenljivih).
- Kod treba da bude konzistentno formatiran (u nekim izrazima postoji a u nekim ne postoji blanko izmedju operatora).
- Koristi se neinicijalizovana promenljiva b - verovatno je u pitanju greška.
- Izračunavanje je ponovljeno, liči na obim i površinu pravougaonika — bilo bi dobro izračunavanje izdvojiti u odgovarajuće funkcije.

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje

```
if(a>b) if(b>c) return a;
else if(a>c) return a; else return c;
else if(b>c) return b; else return c;
```

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje

```
if(a>b) if(b>c) return a;
else if(a>c) return a; else return c;
else if(b>c) return b; else return c;
```

- Formatiranje je jako nepregledno, potrebno je propustiti kod kroz odgovarajući alat za formatiranje

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje

```
if(a>b) if(b>c) return a;
else if(a>c) return a; else return c;
else if(b>c) return b; else return c;
```

- Formatiranje je jako nepregledno, potrebno je propustiti kod kroz odgovarajući alat za formatiranje
- Kako je u pitanju kod koji računa maksimum tri broja, bolje koristiti funkciju `max`, npr `max(a,max(b,c))` ili standardni algoritam za računanje maksimuma

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje

```
int strCmp(char* s1, char* s2)
{
    while(*s1 && (*s1 == *s2))
    {
        s1++;
        s2++;
    }
    return *s1 - *s2;
}
```

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje

```
int strCmp(char* s1, char* s2)
{
    while(*s1 && (*s1 == *s2))
    {
        s1++;
        s2++;
    }
    return *s1 - *s2;
}
```

- Sama implementacija bi mogla da se poboljša na razne načine (`const` u argumentima, provera pre prvog dereferenciranja kako ne bi došlo do dereferenciranja null pokazivača, kastovanje da rezultat funkcije bude tipa `int`)

# Da li je moguće bolje dizajnirano ili kvalitetnije implementirano rešenje

```
int strCmp(char* s1, char* s2)
{
    while(*s1 && (*s1 == *s2))
    {
        s1++;
        s2++;
    }
    return *s1 - *s2;
}
```

- Sama implementacija bi mogla da se poboljša na razne načine (`const` u argumentima, provera pre prvog dereferenciranja kako ne bi došlo do dereferenciranja null pokazivača, kastovanje da rezultat funkcije bude tipa `int`)
- Ipak, najbolje bi bilo ne koristiti tu funkciju već koristiti bibliotečku funkciju `strcmp`

# Važnost pregleda

## Case study

One of our customers set out to test exactly how much money the company would have saved had they used peer review in a certain three-month, 10,000-line project with 10 developers. They tracked how many bugs were found by QA and customers in the subsequent six months. Then they went back and had another group of developers peer-review the code in question. Using metrics from previous releases of this project they knew the average cost of fixing a defect at each phase of development, so they were able to measure directly how much money they would have saved.

**The result:** Code review would have saved half the cost of fixing the bugs. Plus they would have found 162 additional bugs.

# Vrste pregleda koda

**U skladu sa nivoom formalnosti ...**

... pregledi mogu da budu više ili manje formalni

# Formalni pregledi

## Formalni pregledi (engl. *formal inspections*)

- Formalni pregledi obuhvataju grupne sastanke (3-6 osoba) na kojima se diskutuje o kodu i rade pregledi (često odštampanog koda).
- To je dosta skupo i vremenski zahtevno, sve manje se koristi jer iako se na ovaj način može pronaći najveći broj defekata u kodu, ovo zahteva previše vremena i angažovanja, a većina firmi to ne može da priušti.

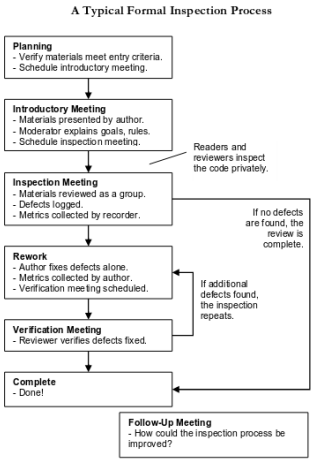



*Figure 1: Typical workflow for a "formal" inspection. Not shown are the artifacts created by the review: The defect log, meeting notes, and metrics log. Some inspections also have a closing questionnaire used in the follow-up meeting.*

# Neformalni pregledi koda

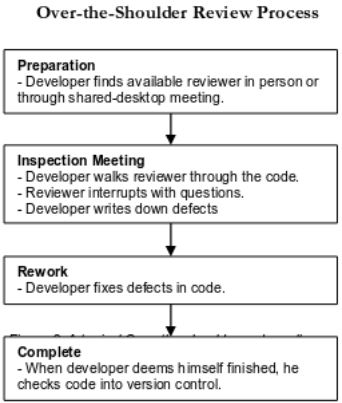
## Podela neformalnnih pregleda koda

- Neformalni pregledi mogu da budu više i manje neformalni
- Osnovne vrste neformalnih pregleda:
  - pregled preko ramena (engl. *over-the-shoulder reviews*),
  - pregled preko mejla (engl. *e-mail pass-around*),
  - pregled preko alata za pregled koda (engl. *tool-assisted reviews*),
  - programiranje u paru (engl. *pair-programming*).

# Neformalni pregledi

## Pregled preko ramena

- Najčešći i najneformalniji vid pregleda: programer objašnjava pregledaču šta je u kodu i zašto
- Može da se obavi i preko interneta i deljenog desktopa, tj ne mora uživo


Over-the-Shoulder Review Process
Preparation
- Developer finds available reviewer in person or through shared-desktop meeting.
Inspection Meeting
- Developer walks reviewer through the code.
- Reviewer interrupts with questions.
- Developer writes down defects
Rework
- Developer fixes defects in code.
Complete
- When developer deems himself finished, he checks code into version control.

# Neformalni pregledi

## Pregled preko ramena

- Najjednostavniji vid, najmanje organizaciono zahtevan, dodatno omogućava i razmenu ideja koje ne bi bile razmenenjene pisanim putem
- Problemi: nemoguće je ispratiti šta je pregledano, a šta nije, moguće je propustiti neku izmenu ikao je primećeno da treba da se uradi, i iako se konstatuju neki defekti i ako se sprovede akcija da se ti defekti isprave, moguće je da se to uradi pogrešno ili da se uvedu novi defekti (nakon pregleda nema ponovnih provera)

# Neformalni pregledi

## Pregled preko mejla

- Izmena stigne mejlom pregledačima
- Lakše ukoliko je pregledač na drugoj lokaciji
- Može da bude pre nego što kod uđe u repozitorijum ili automatski da se pošalje nakon što kod uđe u repozitorijum
- I jedna i druga varijanta ima svoje prednosti i mane
- Dugo je ovo bio jedan od najčešćih vrsta pregleda
- Prevaziđen, jer se sada koriste različiti alati koji prevazilaze probleme koji na ovaj način nastaju.

**E-Mail Pass-Around Process: Pre Check-In Review**

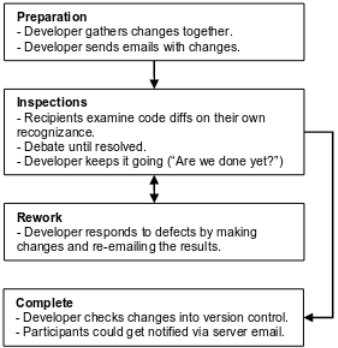



*Figure 4: Typical process for an e-mail pass-around review for code already checked into a version control system. These phases are not this distinct in reality because there's no tangible "review" object.*

**E-Mail Pass-Around Process: Post Check-In Review**

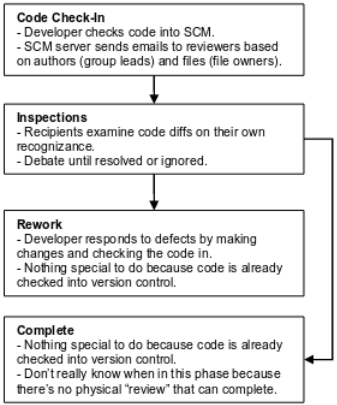


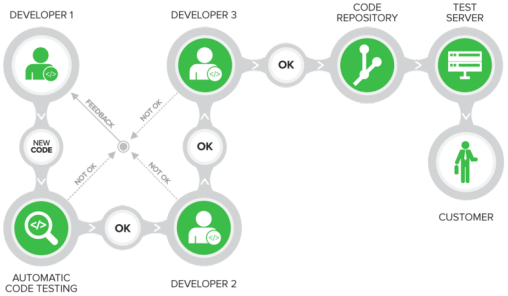

*Figure 3: Typical process for an e-mail pass-around review for code already checked into a version control system. These phases are not this distinct in reality because there's no tangible "review" object.*

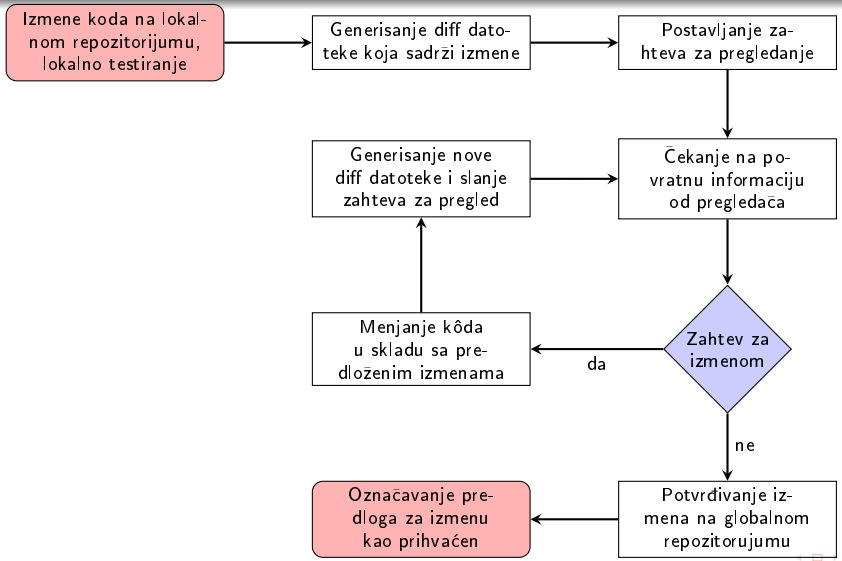
# Neformalni pregledi

## Pregled preko alata za pregled koda

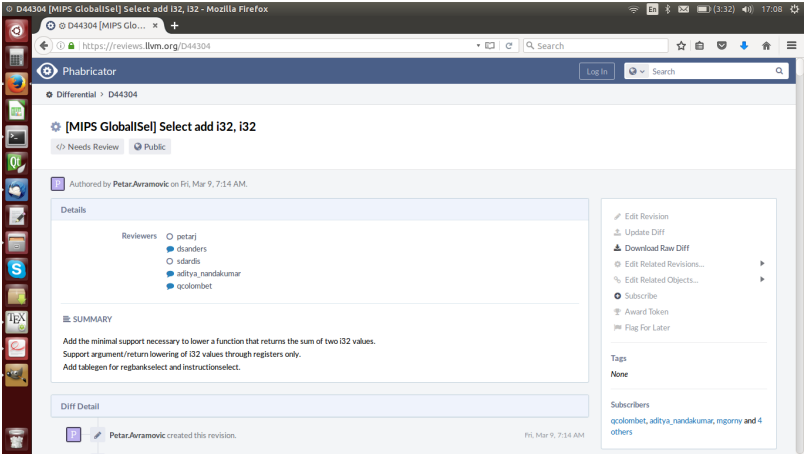
- Može biti različitog nivoa formalnosti
- Sastavni deo većine agilnih metodologija razvoja softvera
- Pregledi obuhvataju provere koda od strane jednog ili više programera pre nego što kôd uđe u repozitorijum.
- Za preglede su obično zaduženi iskusniji programeri
- Veliki broj alata za podršku: Phabricator, Gerrit, Collaborator, GitLab ...

# Proces pregledanja koda

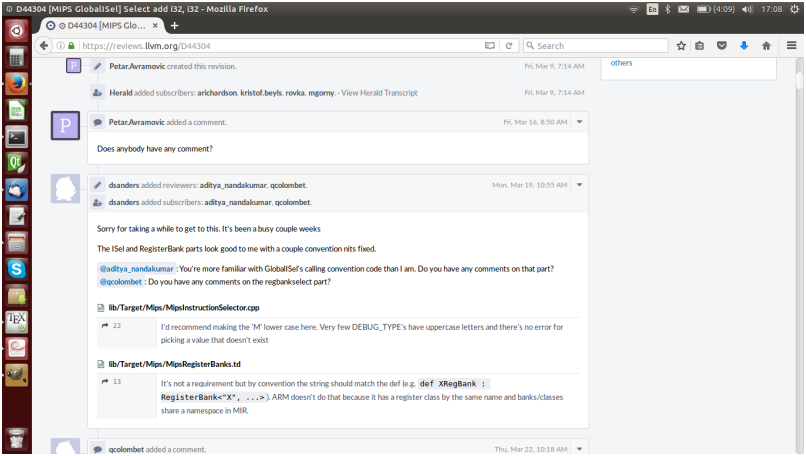



Izmene koda na lokalnom repozitorijumu, lokalno testiranje
Generisanje diff datoteke koja sadrži izmene
Postavljanje zahteva za pregledanje
Čekanje na povratnu informaciju od pregledača
Zahtev za izmenom
da
Menjanje kôda u skladu sa predloženim izmenama
Generisanje nove diff datoteke i slanje zahteva za pregled
ne
Potvrđivanje izmena na globalnom repozitorujumu
Označavanje predloga za izmenu kao prihvaćen

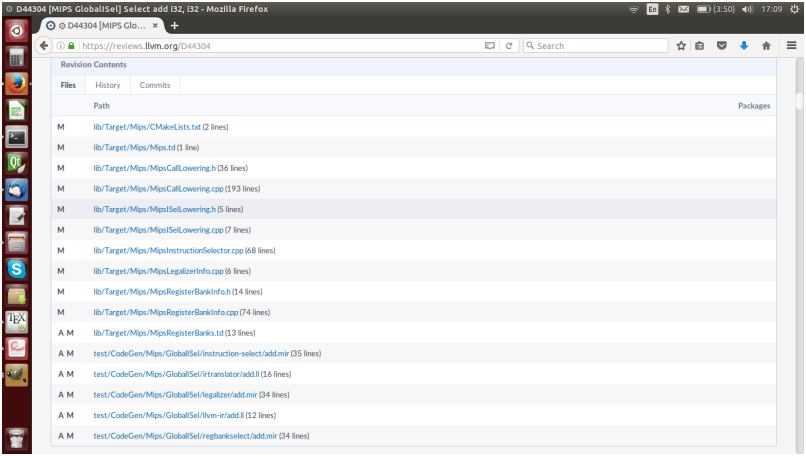
# Primer - Phabricator



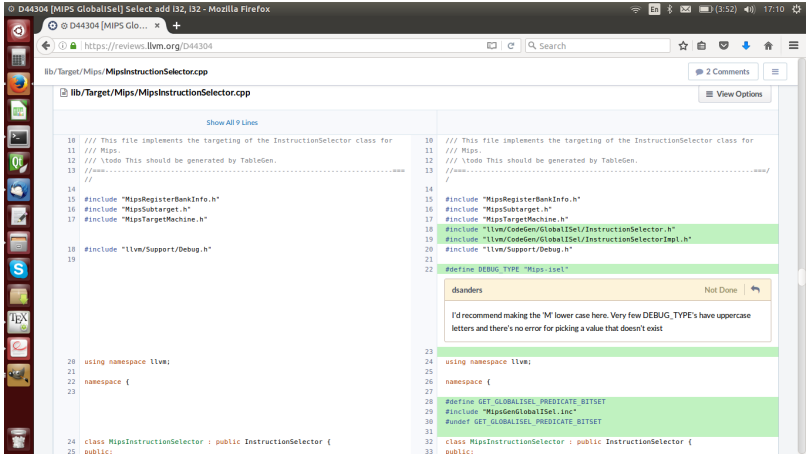
# Primer - Phabricator



# Primer - Phabricator



# Primer - Phabricator



# Neformalni pregledi

## Programiranje u paru

- Programiranje u paru se može smatrati specijalnom vrstom pregleda
- Programiranje u paru nije uvek prisutno pa se ova vrsta pregleda ne može uvek koristiti
- Programiranje u paru vodi ka kvalitetnijem kodu, ali nekada programeri koji rade zajedno isto razmišljaju i zajedno previđaju greške pa su zato eksterni pregledi ipak neophodni.

# Dodatni uticaji pregleda

## Uticaj pregleda na programere

- Pravilo (zahtev) da se kôd pregleda pre nego što se ubaci u repozitorijum garantuje da kôd ne može da uđe u repozitorijum nepregledan.
- Znanje da će kôd biti pregledan od strane nekoga u timu, utiče pozitivno i na programere tako da se učini dodatan trud da se sve proveri, dobro dizajnira i da se poštuju pravila kodiranja.
- Pregledi se rade da se provere one stvari koje mašina (automatsko testiranje) ne može da proveri i sprečava loše odluke i loša rešenja da zagađuju osnovnu liniju razvoja (štiti vas od drugih i druge od vas!)

# Razmena znanja u oba pravca

## Mentorisanje novih programera

- Kada se pridruže novi članovi timu potrebno je da ih neko iskusniji poduči. Pregledi pomažu konverzaciju o kodu. Često timovi imaju svoje skriveno znanje o kodu koje se ispolji tek za vreme pregleda.
- Iako su pregledi prvenstveno od strane iskusnijih programera koji pregledaju posao mlađih programera, pregledi treba da se vrše na svaku stranu. Na primer, novi članovi tima, sa svežim pogledom na stvari i novom perspektivnom, mogu da otkriju neke stare propuste i loše delove koda na koje su se svi navikli i zbog navike ih ne primećuju.

# Uloga pregleda u sticanju znanja

## Put ka savlađivanju koda projekta

- Pregledi koda pomažu programeru da savlada celokupan kôd projekta, kao i da brže usvoji nove tehnologije i tehnike
- Kako pregledi izlažu programera novim idejama i tehnologijama, na taj način programer uči da stvara sve bolji kôd.

# Agilni razvoj softvera

## Deljenje znanja

Svi članovi tima imaju koristi od pregleda bez obzira na razvojnu metodologiju. Agilni timovi, dodatno, mogu da imaju dodatne koristi jer njihov posao se na taj način decentralizuje u okviru tima. Suština je da ne postoji jedinstvena ličnost koja zna specifičnosti nekog dela koda, već su svi u sve upućeni. Pregledi omogućavaju i pomažu širenje znanja o kodu u okviru tima.

## Zašto je decentralizacija važna?

Niko ne voli da bude jedinstveni kontakt za deo koda (npr, ne može da ode na duži odmor zbog toga). Takođe, niko ne voli da treba da preuzme rad na tuđem kodu, posebno ako je u pitanju nekakva hitna situacija. Pregedi deljenjem znanja kroz tim omogućavaju da svaki član tima može da preuzme i nastavi svaki posao.

# 11 pravila efikasnog pregledanja

## 11 pravila efikasnog pregledanja

- Pregledaj manje od 200-400 linija koda od jednom
- Imaj za cilj brzinu pregledanja koja je manja od 300-500 linija po satu
- Planiraj dovoljno vremena za odgovarajuće, sporo pregledanje, ali nikako više od 60 d0 90 mintua
- Postaraj se da autori obeleže kod pre nego što pregled počne
- Napravi ciljeve pregledanja koda koji se mogu kvantifikovati i prati metrike kako bi mogao da unaprediš svoj proces pregledanja
- Koristi liste provera koje treba da uradiš, jer se na taj način značajno popravlja rezultat pregleda i za autora i za pregledača

# 11 pravila efikasnog pregledanja

## 11 pravila efikasnog pregledanja

- Proveri da su uočeni defekti stvarno i popravljeni
- Neguj dobru kulturu pregleda koda u kojoj se pronalaženje defekata gleda pozitivno
- Budi svesan efekta „Velikog brata" (Programer može steći utisak da ga neko stalno posmatra, pogotovo ako radi sa alatima za pregledanje. Može da misli da će statistike biti iskorišćene protiv njega i može se fokusirati na poboljšanje statistika umesto na poboljšanje koda)
- Ukoliko ne možeš da postigneš pregled celog koda, pogledaj bar njegov deo (zbog benefita koji donosi „ego" efekat — svako ulaže dodatni trud kada zna da će njegov kôd neko pregledati)
- Usvoji proces pregleda koda koji koristi alate za pregled koda

# Pregled

# Statička analiza

## Automatska statička analiza

Automatska analiza koda bez njegovog izvršavanja sa ciljem pronalaženja defekata u kodu.

## Automatska statička analiza

- Simboličko izvršavanje
- Proveravanje modela
- Apstraktna interpretacija
- Analiza vođena kontra-primerima

# Pregled

# Literatura

## Linkovi na literaturu

- Metode za pregled koda i njihov značaj
- Best Kept Secrets of Peer Code Review
- Why code reviews matter (and actually save time!)
- 11 proven practices for more effective, efficient peer code review
- Overcoming Pre-Commit Code Review Challenges