Sinteza programa

Anja Ivanišević
Ivan Ristović
Milana Kovačević
Vesna Katanić

maj 2018.

Šta je sinteza programa?

- Oblast koja se bavi automatskim generisanjem programa
- Vizija:

  Nema više programiranja, sve se generiše automatski!
- Pričaćemo o:
  - primenama
  - izazovima
  - tehnikama

Primene - Programiranje vodjeno primerima

	A	B
1	Email	Column 2
2	Nancy.FreeHafer@fourthcoffee.com	nancy freehafer
3	Andrew.Cencici@northwindtraders.com	andrew cencici
4	Jan.Kotas@litwareinc.com	jan kotas
5	Mariya.Sergienko@gradicdesigninstitute.com	mariya sergienko
6	Steven.Thorpe@northwindtraders.com	steven thorpe
7	Michael.Neipper@northwindtraders.com	michael neipper
8	Robert.Zare@northwindtraders.com	robert zare
9	Laura.Giussani@adventure-works.com	laura giussani
10	Anne.HL@northwindtraders.com	anne hl
11	Alexander.David@contoso.com	alexander david
12	Kim.Shane@northwindtraders.com	kim shane
13	Manish.Chopra@northwindtraders.com	manish chopra
14	Gerwald.Oberleitner@northwindtraders.com	gerwald oberleitner
15	Amr.Zaki@northwindtraders.com	amr zaki
16	Yvonne.McKay@northwindtraders.com	yvonne mckay
17	Amanda.Pinto@northwindtraders.com	amanda pinto

Slika: Automatske transformacije alata FlashFill sprovedene na osnovu par primera zadatih od strane korisnika

Neke od oblasti primene sinteze programa

- Priprema podataka
- Grafika
- Sugestije prilikom kodiranja
- Superoptimizacija
- Konkurentno programiranje
- Popravka koda

Primene - Popravka koda - Primer

Ulaz			Izlaz	
inb	usep	dsep	expected	actual
1	0	100	0	0
1	11	110	1	0
0	100	50	1	1
1	-20	60	1	0
0	0	10	0	0

```
int buggy(int inb, int usep, int dsep)
{
    int bias;
    if (inb)
        bias = dsep; //fix: bias = usep+100
    else
        bias = usep;
    if (bias > dsep)
        return 1;
    else
        return 0;
}
```

Slika: Primer koda sinteziranog od strane programa *SemFix* koristeći skup ulaznih i izlaznih test primera.

Izazovi

- Potproblemi:
  - Definisanje specifikacija željenog programa
  - Pretraživanje prostora mogućih programa u potrazi za onim koji zadovoljava definisane specifikacije
    - Enumerativna pretraga
    - Deduktivna pretraga
    - Tehnika sa ograničenjima
    - Induktivna i statistička tehnika pretrage
- Veličina željenog programa eksponencijalno utiče na veličinu prostora programa

Izazovi - Pretraživanje prostora programa - Enumerativna pretraga

- Koraci:
  - Opisati prostor pretrage kome se nalazi željeni program
  - Numerisati (sortirati) programe po osobinama
  - Izvršiti *čišćenje*: Odbaciti sve programe koje ne zadovoljavaju specifikacije
  - Pretražiti preostali prostor programa i naći rešenje
- Mana: Poluodlučivost

Izazovi - Pretraživanje prostora programa - Deduktivna pretraga

- Formalna specifikacija željenog programa
- Rešenje se sintetiše postupkom dokazivanja teorema, logičkim zaključivanjem i razrešavanjem ograničenja
- Tehnika odozgo nadole: podeli-pa-vladaj
- Deljenje problema na potprobleme nije moguće u opštem slučaju
- Kombinovanje sa enumerativnom pretragom

Izazovi - Pretraživanje prostora programa - Tehnika sa ograničenjima

- Prilagođavanje zadatim ograničenjima
- Koraci:
  - Generisanje ograničenja
  - Razrešavanje ograničenja

Izazovi - Pretraživanje prostora programa - Statistička pretraga

Upotreba statističkih metoda za usmeravanje pretrage

- *Mašinsko učenje*
- *Genetsko programiranje*
- *Probabilističko zaključivanje*

Izazovi - Pretraživanje prostora programa - Induktivna pretraga

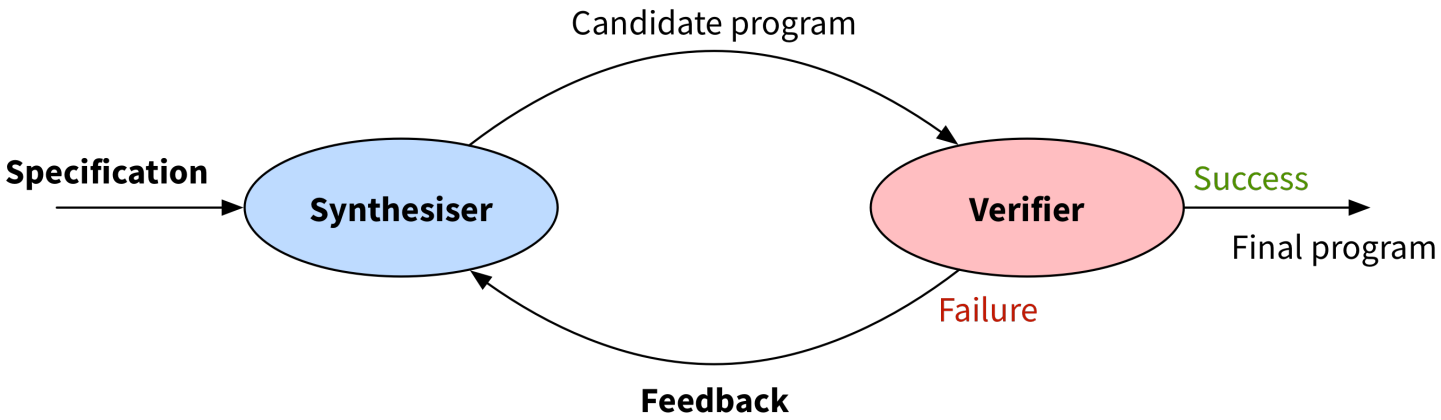
- Nadogradnja tehnike pretrage sa ograničenjima
- Iterativni postupak: svakom iteracijom se generišu ograničenja
- Rešavačem se dođe do mogućeg rešenja a zatim se ispita da li je ono zadovoljavajuće kao opšte rešenje
- Može da koristi tehnike mašinskog učenja - *Aktivno učenje*
- *CEGIS*

CEGIS

- Ideja:
  - Definiše se specifikacija programa u vidu formule
  - SMT rešavač pronalazi program koji zadovoljava specifikaciju
- Problem: previše ulaza.
- *Koji je najmanji podskup ulaza koji je potrebno razmatrati da bi se sintetisao program koji zadovoljava date specifikacije?*
- Iterativno se povećava prostor pretrage i pronalazi program kandidat za rešenje
- Drugi SMT rešavač pronalazi kontraprimer za nađeni kandidat
- Ako ne postoji kontraprimer, kandidat je traženi program

CEGIS - Arhitektura

- Pretraga vođena kontraprimerima
  (eng. *Counterexample-Guided Inductive Synthesis*)
- Dve faze:
  - *Faza sinteze* - pronalazi program kandidat
  - *Faza verifikacije* - proverava da li kandidat zadovoljava specifikaciju



Slika: CEGIS petlja

CEGIS

- Da bismo u potpunosti definisali CEGIS sintezu programa, potrebno je odgovoriti na sledeća pitanja:
  - Kako treba da izgleda specifikacija traženog programa?
  - Kako ćemo vršiti sintezu programa kandidata?
  - Kako da proverimo da li program kandidat zadovoljava specifikacije?
  - Kako da prosledimo povratne informacije za buduće kandidate?

CEGIS - Sinteza vodjena uzorom

- *Oracle-guided synthesis*
- Pretpostavlja postojanje uzora (npr. implementacija programa)
- Biblioteka komponenti za kreiranje programa
- Primer:

```
program(x,y):
o1 = add(x, y)
o2 = add(o1, y)
o3 = sqrt(o1)
return o3
```

CEGIS - Sinteza vodjena uzorom

- Faza verifikacije: *Da li postoji program P', različit od kandidata za rešenje P, koji takođe zadovoljava sve test primere, ali se na nekom ulazu z razlikuje od P?*
- Povratni korak: Kreira se novi test primer na osnovu ulaza
- Faza validacije: Potvrđuje se da program zadovoljava sve ulaze

CEGIS - Stohastička superoptimizacija

- Traži se brži ili efikasniji ekvivalent polaznog programa
- Faza sinteze:
  - Novi program sintetišemo na osnovu tekućeg programa
  - Novi program prihvatamo sa određenom verovatnoćom
  - Verovatnoća je veća što su polazni i ciljni program sličniji
- Faza verifikacije: Proverava se jednakost programa kandidata i ciljnog programa
- Povratni korak:
  - Porede se prethodno prihvaćeni i novodobijeni program
  - Određuje se koji od njih će dalje da se razmatra

CEGIS - Enumerativna pretraga

- Specifikacija - konačan skup test primera
- Gramatika opisuje ciljni jezik (`add(x, sub(x,y))`)
- Faza sinteze: Pretražuju se svi mogući programi
- Faza verifikacije: Proverava se da li program zadovoljava sve test primere
- Povratni korak:
  - Razmatra samo različite programe
  - Različiti programi daju različite rezultate na istom test primeru
  - Na dubini k, ispituju se svi programi koji imaju oblik `operacija(a,b)`, gde su a i b bilo koji izrazi dubine $k-1$

Zaključak

- Da li će programeri moći da prestanu da govore računarima *kako* da rade, već da se fokusiraju na to da im kažu *šta* treba da urade?
- Najveci potencijal: Induktivna sinteza programa
- Iznenadjujuće dobri rezultati, uprkos skepticizmu

Pitanja

???

Hvala na pažnji!