

Skripta sa zadacima za pripremu iz predmeta  
Prevođenje programskih jezika

*Pripremili:*

Ivan Žužak, Ivan Budiselić, Zvonimir Pavlić,  
Dejan Škvorc, Miroslav Popović, Goran Delač

*Datum posljednje izmjene:*

27. ožujka 2012.

# Sadržaj

Predgovor	3
1 Uvod	4
2 Leksička analiza	6
3 Sintaksna analiza	13
4 Semantička analiza	31
5 Potpora izvođenju ciljnog programa	36
6 Generiranje međukoda	41
7 Generiranje ciljnog programa	44
8 Priprema izvođenja ciljnog programa	47
9 Optimiranje	48
Literatura	49

# Predgovor

Ova skripta zadataka namijenjena je kao dopunski nastavni materijal za predmet Prevođenje programskih jezika na Fakultetu elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu. U svojoj PDF inačici, skripta je besplatno dostupna na Web-stranici predmeta. Skripta je nastala 2011. godine sakupljanjem i uređivanjem zadataka i teorijskih pitanja iz ispita, međuispita i auditornih vježbi predmeta *Prevođenje programskih jezika* od 2008. godine nadalje i predmeta *Automati, formalni jezici i jezični procesori 2* od 1999. do 2008. godine. Posebno zahvaljujemo autorima zadataka bez kojih izdavanje ovakve skripte ne bi bilo moguće: Ivan Budiselić, Goran Delač, Ivan Gavran, Andro Milanović, Miroslav Popović, Daniel Skrobo, Dejan Škvorc, Ivan Žužak.

Zadaci su u skripti organizirani u poglavlja, pri čemu naslovi poglavlja odgovaraju naslovima poglavlja u udžbeniku *Prevođenje programskih jezika* [1]. Uz zadatke je naznačen i dio udžbenika u kojem se obrađuje dio gradiva nužan za rješavanje zadatka i je li sličan zadatak riješen u sklopu auditornih vježbi. Rad na skripti nastavlja se i dalje, ali i u svom trenutnom obliku ona može biti korisna za savladavanje gradiva predmeta.

Skripta je oblikovana pomoću sustava L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X. S ciljem unaprjeđenja kvalitete skripte, izvorni L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X kod skripte javno je dostupan na adresi <http://github.com/fer-ppj/ppj-zbirka>. Molimo korisnike skripte da uočene pogreške ili primjedbe dojavu na službenu e-mail adresu predmeta [ppj@zemris.fer.hr](mailto:ppj@zemris.fer.hr) ili na stranicu za primjedbe: <http://github.com/fer-ppj/ppj-zbirka/issues>.

Zahvaljujemo Vedrani Janković na komentarima i prijavama pogrešaka pri pripremi ove inačice skripte. Na prijavama pogrešaka zahvaljujemo i Dini Šantlu, Marku Đuraseviću te Nini Uzelcu.

# 1. Uvod

1. Navedite prednosti i nedostatke uporabe jezičnih procesora. [1, str. 1]
2. Navedite tri jezika koji su vezani uz definiciju jezičnog procesora. [1, str. 3]
3. Navedite koja pravila se susreću kod programskih jezika te ih objasnite. [1, str. 4-11]
4. Objasnite samoprevodioca. [1, str. 27]
5. Objasnite cilj i osnovne korake postupka samopodizanja. [1, str. 27]
6. Objasnite što je funkcija preslikavanja jezičnog procesora i navedite njezine vrste. [1, str. 26]
7. Objasnite podjelu jezičnih procesora s obzirom na broj prolazaka kroz izvorni program. [1, str. 24-26]
8. Navedite i objasnite korake analize izvornog programa. [1, str. 3-13]
9. Objasnite razradbu jezičnih procesora s obzirom na dinamiku izvođenja procesa prevođenja. [1, str. 24-26]
10. Nabrojite i ukratko objasnite svaki od osnovnih koraka u izgradnji jezičnog procesora. [1, str. 3]
11. Koristeći Hoareov sustav oznaka CSP, opišite vrste jezičnih procesora s obzirom na dinamiku izvođenja. [1, str. 24]
12. Objasnite kompilatore i interpretatore, odnosno njihovu razliku, ne koristeći Hoareov sustav oznaka CSP. [1, str. 24-26]
13. Navedite faze rada jezičnog procesora od kojih se sastoje faza analize izvornog programa i faza sinteze ciljnog programa. [1, str. 3-4] [2]
14. Za svako od tri računala  $A$ ,  $B$  i  $C$  s odgovarajućim strojnim jezicima  $a$ ,  $b$  i  $c$  izgradite jezične procesore koji prevode jezik  $l$  u jezik  $n$  i koji su izvedivi na pojedinim računalima. Jezične procesore treba izgraditi pomoću raspoloživih jezičnih procesora  $JP_l^{l \rightarrow n}$ ,  $JP_a^{l \rightarrow a}$ ,  $JP_b^{n \rightarrow o}$ ,  $JP_o^{o \rightarrow b}$  i  $JP_c^{o \rightarrow c}$ . [1, str. 27]
15. Za računalno  $A$  postoji gotov jezični procesor  $JP_a^{l \rightarrow a}$ , dok je na računalu  $B$  na raspolaganju jezični procesor  $JP_b^{n \rightarrow c}$ . Računalno  $C$  novo je računalno i za njega ne postoji nikakav jezični procesor, a potrebno je program napisan u jeziku  $m$  prevesti u ciljni program za to računalno. Raspoloživ je i jezični procesor  $JP_m^{m \rightarrow n}$ , a zbog modularnosti je potrebno napisati jezični procesor  $JP_n^{m \rightarrow l}$ . Odredite u kojem je višem jeziku ( $l$ ,  $m$  ili  $n$ ) potrebno napisati taj jezični procesor da bi se na najkraći mogući način preveo program te navedite najkraći postupak prevođenja programa iz jezika  $m$  u ciljni jezik  $c$ . [1, str. 27] [2]
16. Tijekom razvoja složenog sustava koji se sastoji od tri računalne arhitekture  $A$ ,  $B$  i  $C$  pojavila se potreba za razvojem jezičnog procesora  $JP_b^{o \rightarrow b}$ . Za potrebe sustava već su napisani jezični procesori  $JP_a^{l \rightarrow a}$ ,  $JP_c^{l \rightarrow n}$  i  $JP_c^{o \rightarrow b}$ . Osim toga, preko Interneta su javno dostupna još tri jezična procesora:  $JP_l^{m \rightarrow b}$ ,  $JP_m^{n \rightarrow o}$  i  $JP_n^{o \rightarrow b}$ . Budući da se projekt približava krajnjem roku, nema

dovoljno vremena za pisanje novog jezičnog procesora pa je potrebno jezični procesor  $JP_b^{o \rightarrow b}$  konstruirati pomoću raspoloživih jezičnih procesora. Napišite postupak konstrukcije. [1, str. 27] [2]

17. Za računalno A postoji jezični procesor  $JP_a^{z \rightarrow x}$ , dok je na računalu B dostupan jezični procesor  $JP_b^{x \rightarrow a}$ . Raspoloživ je i jezični procesor  $JP_z^{x \rightarrow y}$ . Odredite u kojem višem programskom jeziku ( $x$ ,  $y$  ili  $z$ ) treba izgraditi jezični procesor  $JP_y^{y \rightarrow b}$ , tako da se može ostvariti prevođenje programa napisanog u jeziku  $x$  u ciljni jezik  $b$ . Navedite sve korake u postupku prevođenja programa. [1, str. 27] [2]
18. Računalni sustav sastoji se od jednog računala arhitekture  $A$  i jednog računala arhitekture  $B$ . Za računalnu arhitekturu  $B$  razvijen je jezični procesor  $JP_b^{c \rightarrow b}$  kojim je omogućeno izvođenje programa napisanih višim programskim jezikom  $c$  na računalu arhitekture  $B$ . Osim toga, na raspolaganju su jezični procesori  $JP_p^{c \rightarrow b}$ ,  $JP_p^{p \rightarrow b}$ ,  $JP_c^{p \rightarrow a}$  i  $JP_c^{c \rightarrow b}$ . Uporabom navedenih jezičnih procesora izgradite jezični procesor koji će na računalu arhitekture  $A$  omogućiti prevođenje programa napisanih višim programskim jezikom  $p$  u programe izvodive na računalu arhitekture  $B$ . [1, str. 27] [2]
19. Prikažite postupak izgradnje izvodivog jezičnog procesora koji prevodi jezik  $l$  u strojni jezik  $a$ . Na raspolaganju su samoprevodilac koji prevodi jezik  $l$  u strojni jezik  $a$ ,  $JP_a^{p \rightarrow s}$ ,  $JP_a^{s \rightarrow a}$ ,  $JP_b^{l \rightarrow q}$ ,  $JP_b^{r \rightarrow a}$  i  $JP_r^{q \rightarrow p}$  te računala  $A$  i  $B$  na kojima se mogu izvoditi programi pisani strojnim jezicima  $a$  i  $b$ . [1, str. 27] [2]
20. Tijekom razvoja složenog sustava koji se sastoji od dvije računalne arhitekture  $A$  i  $B$  pojavila se potreba za razvojem jezičnog procesora  $JP_b^{l \rightarrow a}$ . Za potrebe sustava već je napisan jezični procesor  $JP_a^{m \rightarrow a}$ . Osim toga, preko Interneta su javno dostupna još četiri jezična procesora:  $JP_m^{l \rightarrow b}$ ,  $JP_l^{m \rightarrow a}$ ,  $JP_l^{l \rightarrow a}$  i  $JP_m^{m \rightarrow b}$ . Budući da se projekt približava krajnjem roku, nema dovoljno vremena za pisanje novog jezičnog procesora pa je potrebno jezični procesor  $JP_b^{l \rightarrow a}$  konstruirati pomoću raspoloživih jezičnih procesora. Napišite postupak konstrukcije  $JP_b^{l \rightarrow a}$ . [1, str. 27] [2]
21. Za novo računalo "Amiga 2001" (računalo  $C$ ) kao osnovni jezik treba upotrijebiti "C++" (jezik  $m$ ) pa je potrebno izgraditi jezični procesor  $JP_c^{m \rightarrow c}$ . Na "PC" računalu (računalo  $B$ ) postoji jezični procesor  $JP_b^{l \rightarrow b}$ , koji prevodi jezik "C" (jezik  $l$ ) u Intelov strojni jezik te jezični procesor  $JP_b^{k \rightarrow c}$ , koji prevodi jezik "BCPL" (jezik  $k$ ) u strojni jezik računala "Amiga 2001". Na raspolaganju je i računalo "Amiga 4000" (računalo  $A$ ) sa pripadnim jezičnim procesorom  $JP_a^{k \rightarrow a}$ , koji prevodi jezik "BCPL" u Motorolin strojni jezik. Pored ovoga postoje i jezični procesori  $JP_k^{l \rightarrow k}$  (kros-kompilator) koji prevodi jezik "C" u jezik "BCPL" i koji je napisan u "BCPL"-u te  $JP_l^{m \rightarrow c}$  koji prevodi "C++" u strojni jezik računala "Amiga 2001", a napisan je u "C"-u. Napišite postupak samopodizanja kojim se može dobiti traženi jezični procesor uz uporabu postojećih jezičnih procesora. [1, str. 27] [2]
22. U računalnom sustavu koriste se tri računala  $A$ ,  $B$  i  $C$ , različitih arhitektura, pri čemu računalo  $A$  izvodi strojni jezik  $a$ , računalo  $B$  izvodi strojni jezik  $b$ , a računalo  $C$  izvodi strojni jezik  $c$ . Za računalo  $C$  dostupni su  $JP_c^{y \rightarrow c}$  i  $JP_c^{z \rightarrow c}$  te samoprevodioci  $JP_y^{y \rightarrow a}$  i  $JP_z^{z \rightarrow b}$ . Osim toga, dostupni su jezični procesori  $JP_y^{a \rightarrow y}$ ,  $JP_z^{y \rightarrow c}$  i  $JP_a^{x \rightarrow c}$ . Navedite postupak konstrukcije  $JP_c^{x \rightarrow c}$  primjenom isključivo raspoloživih jezičnih procesora. Dopušteno je stvaranje i novih jezičnih procesora, ali isključivo prevođenjem postojećih jezičnih procesora pomoću drugih raspoloživih jezičnih procesora. [1, str. 27] [2]

## 2. Leksička analiza

23. Opišite dinamiku izvođenja leksičke analize. [1, str. 52]
24. Opišite program simulator leksičkog analizatora zasnovan na tablici prijelaza  $\varepsilon$ -NKA. [1, str. 60-62]
25. Opišite način izrade globalne tablice znakova. [1, str. 50-52]
26. Nabrojite i objasnite osnovne klase leksičkih jedinki. [1, str. 46-49]
27. Opišite program simulator leksičkog analizatora zasnovan na tablici prijelaza DKA. [1, str. 58-60]
28. Objasnite kako leksički analizator utvrđuje leksičku pogrešku i navedite dva postupka oporavka od pogreške. [1, str. 58]
29. Navedite namjenu programa Lex i opišite strukturu ulazne datoteke Lexa. [1, str. 64-70]
30. Opišite podatkovne strukture leksičkog analizatora. [1, str. 49-52]
31. Objasnite metode opisa leksičkih jedinki, pravila određivanja klasa leksičkih jedinki i postupak grupiranja leksičkih jedinki koje se koriste za izgradnju generatora leksičkog analizatora. [1, str. 56-58]
32. Navedite i ukratko objasnite pet zadataka leksičkog analizatora. [1, str. 44-45]
33. Navedite i na primjeru objasnite dva osnovna načina razrješavanja nejednoznačnosti u leksičkoj analizi. [1, str. 63-64]
34. Navedite i objasnite varijable koje koristi simulator zasnovan na tablici prijelaza DKA. U ovisnosti o navedenim varijablama, objasnite postupak simulatora za grupiranje i određivanje klase leksičke jedinice. [1, str. 58-69]
35. Objasnite postupak razrješavanja nejednoznačnosti u leksičkoj analizi pretraživanjem lijevog konteksta. [1, str. 63-64]
36. Općenito objasnite (ne na primjeru) postupak primjene pretraživanja desnog konteksta za razrješavanje nejednoznačnosti u leksičkoj analizi. Potrebno je definirati kako se u regularnim izrazima zadaje desni kontekst, kako se na osnovi regulranih izraza sa zadanim desnim kontekstom stvara konačni automat te kako se dobiveni konačni automat koristi za leksičku analizu. [1, str. 63-64]
37. Navedite pravila za određivanje klase leksičke jedinice i grupiranje znakova u leksičke jedinice. [1, str. 57-58]
38. Općenito definirajte (ne na primjeru) ulaze i izlaze iz programa generatora leksičkog analizatora i programa leksičkog analizatora ako je leksički analizator ostvaren kao zasebni prolaz jezičnog procesora. [1, str. 53]

39. Navedite strukture podataka pogodne za ostvarenje tablice znakova i asimptotsku složenost osnovnih operacija nad tablicom znakova za svaku predloženu strukturu podataka. [1, str. 50-52]
40. Opišite algoritam leksičkog analizatora zasnovanog na tablici prijelaza DKA. [1, str. 58-60]
41. Za zadani program nacrtajte sve tablice koje se stvaraju u leksičkoj analizi. Ključne riječi označene su masnim slovima. [1, str. 51] [2]

```
program Phoebe;
  j:=1; k:=1;
  ispiši (j,k);
  za i:=3 do 20 čini
    k:=j+k;
    j:=k-j;
    ispiši (k);
  kraj
kraj
```

42. Zadan je program u jeziku čije su ključne riječi, operatori i specijalni znakovi: **main**, **if**, **for**, **(**, **)**, **{**, **}**, **;**, **>**, **<**, **=**, **+**, **-**, **\***. Ispišite sve tablice koje su izlaz leksičkog analizatora. [1, str. 51] [2]

```
main()
{
  a23=c+b57*27-3*a5;
  if(a>77)
  {
    a=a23;
    a=a+c;
  }
  for(i=0;i<12;i=i+1)
  {
    a=a+i;
    b57=a5-3.7*a5;
    i=i+1;
  }
}
```

43. Konstruirajte sve izlazne tablice leksičkog analizatora za dani izvorni program. Ključne riječi u programu masno su otisnute, a konstante su u kurzivu. [1, str. 51] [2]

```
import javax.swing.*;
public class FrameDemo {
  public static void main(String[] args) {
    JFrame jframe=new JFrame("Example");
    jframe.setSize(400,100);
    jframe.setVisible(true);
  }
}
```

44. Za zadani isječak kôda napišite sadržaje svih tablica leksičkog analizatora. Ključne su riječi masno otisnute. [1, str. 51] [2]

```

if (!fread(&id32, sizeof(struct ID3v2_Header),1,fp) ||
    strncmp(id32.id,"ID3",3))
    return 0;

```

45. Napišite sve izlazne tablice simulatora leksičkog analizatora programskog jezika C za zadani isječak ulaznog programa. Pretpostavite da leksički analizator uspješno grupira višeznakovne operatore. [1, str. 51] [2]

Pozicija	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Znak	i	f	(	i	f	3	=	=	2	)	b	2	+	+	;

  

Pozicija	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Znak	e	l	s	e	b	2	+	=	2	;

46. Leksički analizirajte zadani programski odsječak te konstruirajte sve izlazne tablice leksičkog analizatora. Ključne su riječi masno otisnute. [1, str. 51] [2]

```

double factor = 0.356E-6;
int f1(const double &x) {
    if (!(x*factor< temp.treshold))
        return temp.high;
    return temp.low;
}

```

47. Leksički analizirajte zadani programski odsječak te konstruirajte sve izlazne tablice leksičkog analizatora. Ključne su riječi masno otisnute. [1, str. 51] [2]

```

int lijevo_stanje = novo_stanje(automat) ;
ako (pronadjen == 1) {
    za (i=0; i<br_elemenata(izbori); i=i+1) {
        string privremeno = pretvori(izbori[i], automat) ;
    }
}

```

48. Konstruirajte sve izlazne tablice leksičkog analizatora za zadani programski odsječak napisan u programskom jeziku C. Ključne su riječi masno otisnute. [1, str. 51] [2]

```

clock_t clock (void)
{
    struct timeb now;
    clock_t elapsed;

    /* Calculate the difference between the initial time and now. */

    ftime(&now);
    elapsed=(now.time-__itimeb.time)*20;
    return(elapsed);
}

```

49. Leksički analizirajte zadani programski odsječak te konstruirati sve izlazne tablice leksičkog analizatora. Ključne su riječi podvučene, a sve su linije koje započinju znakom # komentari. [1, str. 51] [2]



```
def format_cond(string_list, c):
    # funkcija formatira ulaznu listu string_list ovisno o vrijednosti
    # parametra c
    format_func = lambda s: " ".join(s.split())
    for s in string_list:
        rez.append(format_func(s))
    return rez
```

50. Leksički analizirajte zadani programski odsječak te konstruirati sve izlazne tablice leksičkog analizatora. Ključne su riječi podvučene. [1, str. 51] [2]

```
const string Instrument = "Gitara";
enum Padez { Nominativ, Genetiv, Dativ, Akuzativ };
int a = (int) Padez.Nominativ + (int) Padez. Akuzativ;
Instrument += "Klasicna";
```

51. Za sljedeći niz izgradite tablicu uniformnih znakova, tablicu identifikatora i tablicu konstanti: AKOI>31ONDAA++;INACEA+=4;

Ključne riječi i operatori, identifikatori te konstante definirani su izrazima:

```
KROS := < | > | AKO | ONDA | INACE | + | - | = | ;
IDN := slovo ( slovo | brojka ) *
KON := (brojka) +
```

Slovo i brojka redom označavaju velika i mala slova abecede te znamenke dekadskog sustava. Za razrješavanje nejednoznačnosti u grupiranju i određivanju klase leksičke jedinke koristite pravilo grupiranja najduljeg prefiksa koji je definiran barem jednim regularnim izrazom. Za prefikse jednake duljine, prednost ima izraz koji je zadan prvi. [1, str. 51] [2]

52. Ostvaren je program simulator leksičkog analizatora zasnovan na tablici prijelaza DKA s jednostavnim postupkom oporavka od pogreške. Simulator prepoznaje dva niza: **AUTO** i **AUTOMOBIL**. Na ulazu automata pojavljuje se niz **AUTOMATSKIAUTOMOBIL**. Odredite koje će nizove simulator leksičkog analizatora prepoznati i hoće li ispisati neke greške. Potrebno je i ispisati tablicu stanja unutarnjih kazaljki (početak, završetak i posljednji) programa simulatora za svaki učitani znak. [1, str. 58-60]
53. Ostvaren je program simulator leksičkog analizatora zasnovan na tablici prijelaza DKA. Simulator prepoznaje dva niza: **ANA** i **ANANAS**. Na ulazu automata pojavljuje se niz **ANAVOLIANANAS**. Odredite koje će nizove simulator leksičkog analizatora prepoznati i hoće li ispisati neke greške. Simulator provodi postupak oporavka od pogreške ispisivanjem znakova koje nije moguće grupirati u leksičku jedinku (i pomakom na sljedeći znak). Potrebno je ispisati vrijednosti unutarnjih kazaljki programa simulatora za svaki učitani znak.
54. Generatoru leksičkog analizatora potrebno je zadati pravila za analizu Booleovih izraza. Booleovi se izrazi sastoje od identifikatora (počinju slovom), Booleovih konstanti (**TRUE** i **FALSE**), operatora (**&**, **|**, **^**, **~** i **=**) te okruglih zagrada. Napišite sve regularne izraze i akcije simulatora. [1, str. 47-48] [2]
55. U simulatoru leksičkog analizatora za aritmetičke izraze, potrebno je razriješiti nejednoznačnost uzrokovanu uporabom unarnih operatora. Aritmetički izrazi sastoje se od identifikatora (počinju slovom), cjelobrojnih konstanti, operatora **{+, −, \*, / i =}** te okruglih zagrada. Napišite sve regularne izraze i akcije simulatora. [1, str. 47-48] [2]

56. Zadan je jezik L koji sadrži cjelobrojne aritmetičke izraze. Leksičke su jedinice jezika L varijable, konstante, binarni operatori  $\{+, -, *, /\}$ , okrugle zagrade i unarni operatori  $\{-, ++, --\}$ . Varijable se sastoje od slova i brojki te moraju započinjati slovom, a konstante su cjelobrojne. Unarni operator  $-$  označava negaciju varijable ili konstante. Unarni operatori  $++$  i  $--$  imaju značenje kao u jeziku C. Definirajte pravila leksičkog analizatora kojima se ulazni niz rastavlja na leksičke jedinice. [1, str. 47-48]

57. U postupku sintaksne analize programskog jezika X potrebno je razlikovati dekadске, oktalne i heksadekadске pozitivne cjelobrojne konstante. Napišite regularne izraze koji će omogućiti ispravno određivanje klase cjelobrojne konstante u leksičkoj analizi. Oktalne konstante započinju znamenkom 0 (npr. 0134, 071 i 00032). Dopušteno je da dekadске konstante započinju vodećim nulama ako sadrže barem jednu znamenku 8 ili 9 (dekadske su konstante npr. 00039, 488 i 455). Heksadekadске konstante započinju nizom 0x i dalje sadrže dekadске znamenke i mala slova a, b, c, d, e, f (npr. 0x13a, 0x043f i 0x00fed). [1, str. 47-48]

58. Prikažite postupak obrade i izlaz leksičkog analizatora zasnovanog na regularnim izrazima iz tablice na sljedećim ulaznim nizovima (obrada svakog niza je nezavisna): [1, str. 47-48] [2]

- i. aabab
- ii. ababbba
- iii. abababc

r1	aab(c)*	ispiši("r1")
r2	(a)*b	ispiši("r2")
r3	abab	ispiši("r3")
r4	ab / c	ispiši("r4")
r5	ababb	uđi u stanje S; ODBACI;
r6	bbb	ispiši("r6")
r7	<S> bba	ispiši("r7"); izađi iz stanja S;
r8	(c)*	ispiši("r8")

59. Prikažite postupak obrade i izlaz leksičkog analizatora zasnovanog na regularnim izrazima iz tablice na sljedećim ulaznim nizovima (obrada svakog niza je nezavisna):

- 1) aababcaaab
- 2) ccababbba

Prikažite koji su znakovi ulaznih nizova uspješno grupirani pomoću kojih regularnih izraza. Nije potrebno prikazivati rad analizatora u smislu varijabli koje koristi analizator zasnovan na tablici prijelaza DKA ili  $\varepsilon$ -NKA. [1, str. 47-48] [2]

r1	aab(c)*	ispiši("r1")
r2	(a)*b	ispiši("r2")
r3	abab	ispiši("r3")
r4	ab / c	ispiši("r4")
r5	ababb	uđi u stanje S; ODBACI;
r6	bbb	ispiši("r6")
r7	<S> bba	ispiši("r7"); izađi iz stanja S;
r8	(c)*	ispiši("r8")

60. Prikažite postupak obrade i izlaz leksičkog analizatora zasnovanog na regularnim izrazima iz tablice na sljedećim ulaznim nizovima (obrada svakog niza je nezavisna):

- 1) aab
- 2) aaa%%b
- 3) b#%%

r1	%%b	ispiši("r1")
r2	%%ba*	ispiši("r2")
r3	a	ispiši("r3")
r4	aa / b	ispiši("r4")
r5	aaa	ispiši("r5")
r6	b	ispiši("r6")
r7	b(%)#	uđi u stanje S; ODBACI
r8	<S> #%%	ispiši("r8"); izađi iz stanja S

Prikažite koji su znakovi ulaznih nizova uspješno grupirani pomoću kojih regularnih izraza. Nije potrebno prikazivati rad analizatora u smislu varijabli koje koristi analizator zasnovan na tablici prijelaza DKA ili  $\varepsilon$ -NKA. [1, str. 47-48] [2]

61. Na osnovi navedenih pravila odredite i objasnite izlaz leksičkog analizatora za nizove a), b) i c). [1, str. 47-48] [2]
- a) yy++x  
b) yyx  
c) x!++

r1	++x	ispiši("r1")
r2	++xy*	ispiši("r2")
r3	y	ispiši("r3")
r4	yy / x	ispiši("r4")
r5	yyy	ispiši("r5")
r6	x	ispiši("r6")
r7	x(+   !)	uđi u stanje S; ODBACI
r8	<S> !++	ispiši("r8"); izađi iz stanja S

62. Prikažite postupak obrade i izlaz leksičkog analizatora zasnovanog na regularnim izrazima na sljedećim ulaznim nizovima (obrada svakog niza je nezavisna):
- a) sedam78ggg  
b) gggosam8sedam7devet8

r1	sedam 7
r2	osam 8
r3	devet 9
r4	(a b ... z)*(0 1 ... 9)*

Prikažite koji su znakovi ulaznih nizova uspješno grupirani pomoću kojih regularnih izraza. Nije potrebno prikazivati rad analizatora u smislu varijabli koje koristi analizator zasnovan na tablici prijelaza DKA ili  $\varepsilon$ -NKA. [1, str. 47-48] [2]

63. Neka su zadana sljedeća pravila prevođenja u ulaznoj datoteci za program LEX:

```
%%
[a-z]+ ;
[0-4]+ ;
```

Za sljedeći ulazni niz prikažite izlaz leksičkog analizatora generiranog programom LEX za prethodno navedena leksička pravila: **Aaa5+Bbb4+ccc+DDD=91** [1, str. 64-70]

64. Za leksički analizator zasnovan na zadanom  $\varepsilon$ -NKA  $M = (\{q_0, q_1, q_2, q_3, q_4\}, \{a, b\}, \delta, q_0, \{q_3, q_4\})$  po koracima prikažite postupak računanja skupa  $\varepsilon$ -OKRUŽENJE( $\delta(\{q_0, q_1\}, a)$ ) koristeći stog i dva bit-vektora. [1, str. 60-62]

$\delta$	a	b	$\varepsilon$
$q_0$	$\{q_0, q_2\}$	$\{q_1, q_3\}$	$\{q_1, q_2\}$
$q_1$	$\{q_3\}$	-	$\{q_0, q_3\}$
$q_2$	-	-	$\{q_3\}$
$q_3$	$\{q_1, q_4\}$	-	-
$q_4$	-	$\{q_3, q_4\}$	-

### 3. Sintaksna analiza

65. Definirajte relacije *IspodZnaka* i *ReduciranZnakom* za parsiranje tehnikom *Pomakni-Pronađi*. [1, str. 121-123]
66. Navedite uvjete pod kojima je kontekstno neovisna gramatika ujedno i S-gramatika. [1, str. 87]
67. Navedite uvjete pod kojima je kontekstno neovisna gramatika ujedno i LL(1)-gramatika. [1, str. 98]
68. Navedite postupak izgradnje kanonskog LR-parsera na temelju izgrađenog DKA. [1, str. 150-151]
69. Objasnite postupak određivanja relacija prednosti na temelju zadane gramatike. [1, str. 133-135]
70. U pseudokodu sličnom jeziku C napišite algoritam parsiranja tehnikom prednosti operatora. [1, str. 130-133]
71. Navedite i kratko opišite postupke pretvorbe produkcija u produkcije LL(1)-gramatike. [1, str. 107-111]
72. Općenito definirati (ne na primjeru) postupak lijevog izlučivanja koji se koristi pri pretvorbi produkcija u produkcije LL(1) gramatike. [1, str. 108]
73. Objasnite postupak uklanjanja lijeve rekurzije tijekom pretvorbe produkcija u LL(1) oblik. [1, str. 110-111]
74. Navedite algoritam za izračunavanje ZAPOČINJE skupova za produkcije. [1, str. 102-103]
75. Opišite algoritam za izračunavanje relacije Ispred. [1, str. 105-107]
76. Navedite korake u računanju PRIMIJENI skupova za produkcije. [1, str. 107]
77. Opišite postupak računanja skupova SLIJEDI za prazne nezavršne znakove. [1, str. 107]
78. Navedite i kratko opišite podatkovnu strukturu sintaksnog analizatora. [1, str. 80]
79. Opišite kako se izvodi nadziranje i oporavak od pogrešaka kod LR-parsiranja. [1, str. 153-154]
80. Objasnite parsiranje od dna prema vrhu metodom *Pomakni-Reduciraj*. [1, str. 126-130]
81. Navedite i definirajte korake algoritma izgradnje kanonskog LR(1)-parsera. [1, str. 147-151]
82. Opišite postupak izgradnje potisnog automata za S-gramatiku. [1, str. 87-88]
83. Definirajte LL(1)-gramatiku i kratko opišite konstrukciju potisnog automata za LL(1)-gramatiku. [1, str. 95-99]

84. Navedite i općenito objasnite (ne na primjeru) sve akcije potisnog automata konstruiranog na osnovi LL(1) gramatike (pomoć: postoji 6 različitih akcija. Ne objašnjavati postupak konstrukcije potisnog automata na osnovi gramatike već samo značenje akcija u kontekstu rada automata). [1, str. 95-99]
85. Navedite zadatke sintaksnog analizatora. [1, str. 71]
86. Općenito definirajte (ne na primjeru) ulaze i izlaze iz programa generatora sintaksnog analizatora i programa sintaksnog analizatora ako je sintaksni analizator ostvaren kao zasebni prolaz jezičnog procesora. [1, str. 71] [1, str. 154-158]
87. Objasnite pojmove parsiranje, parsiranje od dna prema vrhu i parsiranje od vrha prema dnu. [1, str. 84,113]
88. Neovisno poredajte gramatike LL(1), S i Q te gramatike LALR(1), SLR(1), LR(0) i LR(1) uzlazno po općenitosti. [1, str. 71-154]
89. Objasnite namjenu programa Yacc te dijelova ulazne datoteke za program Yacc. [1, str. 154-158]
90. Ukratko objasnite postupak oporavka od pogreške kod LR-parsiranja koji se zasniva na traženju sinkronizacijskih znakova. [1, str. 153-154]
91. Navedite pet različitih vrsta sustava oznaka za opis sintaksnih pravila. [1, str. 81-95]
92. Opišite postupak sintaksne analize zasnovane na tablici Co-No. [1, str. 83-84]
93. Objasnite parsiranje od dna prema vrhu tehnikom *Pomakni-Reduciraj*. Opišite tablice koje se koriste u parsiranju. [1, str. 126-127]
94. Opišite algoritme na kojima se zasnivaju postupci oporavka od pogreške kod sintaksne analize. [1, str. 113,153]
95. Objasnite parsiranje od dna prema vrhu metodom prednosti operatora, relaciju prednosti, akcije parsera i određivanje uzorka za zamjenu. [1, str. 130-137]
96. Objasnite razlike u ostvarenju parsera LR(0), SLR(1), LALR i LR(1) te navedite njihove prednosti i nedostatke. [1, str. 138]
97. Objasnite konstrukciju  $\varepsilon$ -NKA u postupku izgradnje SLR(1)-parsera. [1, str. 147-149]
98. Navedite i općenito objasnite (ne na primjeru) sve četiri akcije potisnog automata konstruiranog na osnovi LR(1) gramatike. Ne objašnjavajte postupak konstrukcije potisnog automata na osnovi gramatike već samo značenje akcija u kontekstu rada automata.
99. Navedite zahtjeve koje mora ispuniti detekcija pogrešaka u sintaksnom analizatoru. [1, str. 79]
100. Objasnite sustav oznaka COBOL. [1, str. 82]
101. Opišite postupak oporavka od pogrešaka u sintaksnom analizatoru. [1, str. 79-80]
102. Objasnite akcije parsera od dna prema vrhu koji koristi tehniku *Pomakni-Pronađi*. Opišite proturječja koja se pojavljuju. [1, str. 123-125]
103. Uklonite lijevu rekurziju iz sljedeće gramatike. [1, str. 110-111]

$$\begin{aligned}
 \langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle b\langle B \rangle a \mid b\langle B \rangle a\langle A \rangle b \\
 \langle A \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a\langle B \rangle b \mid \langle B \rangle a \mid a \\
 \langle B \rangle &\rightarrow \langle A \rangle b \mid b
 \end{aligned}$$

104. Uklonite lijevu rekurziju iz dane gramatike. [1, str. 110-111]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle b\langle B \rangle a \mid b\langle B \rangle a\langle A \rangle b \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle b \mid b \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a \mid \langle B \rangle a\langle A \rangle b \mid a\end{aligned}$$

105. Uklonite lijevu rekurziju iz sljedeće gramatike. Odrediti je li dobivena gramatika LL(1). [1, str. 110-111]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle b\langle B \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle cd \mid a\langle A \rangle \mid \varepsilon \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle A \rangle b\langle S \rangle b \mid dc\langle S \rangle a\end{aligned}$$

106. Na sljedeću gramatiku primijenite algoritam razrješavanja lijeve rekurzije: [1, str. 110-111]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a\langle A \rangle b \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a \mid \langle A \rangle b \mid c\langle A \rangle \mid d\langle B \rangle \mid f \\ \langle B \rangle &\rightarrow f\end{aligned}$$

107. Uklonite lijevu rekurziju iz zadane gramatike. [1, str. 110-111]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle\langle B \rangle \mid b\langle B \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle A \rangle b \mid \langle B \rangle ac \mid a \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle A \rangle cb \mid bc\end{aligned}$$

108. Uklonite lijevu rekurziju iz zadane gramatike. Je li dobivena gramatika LL(1)? [1, str. 110-111]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle Z \rangle ef \mid ef\langle S \rangle\langle X \rangle\langle Z \rangle \\ \langle X \rangle &\rightarrow \langle Z \rangle ee \mid fg\langle S \rangle \\ \langle Z \rangle &\rightarrow \langle X \rangle ff \mid fe\langle X \rangle f \mid \varepsilon\end{aligned}$$

109. Za zadanu Q-gramatiku konstruirajte potisni automat. Tijekom parsiranja ulaznog niza na vrhu stoga redom se pojavljuju sljedeći znakovi:  $\langle S \rangle$ ,  $\langle A \rangle$ ,  $\langle B \rangle$ ,  $\langle B \rangle$ ,  $\nabla$ . Koji su se ulazni znakovi sigurno nalazili u parsiranom nizu? [1, str. 94-95] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle\langle B \rangle \mid b\langle A \rangle\langle B \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle \mid b\langle A \rangle \mid c \mid \varepsilon \\ \langle B \rangle &\rightarrow d \mid e\langle B \rangle \mid f\langle A \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

110. Napišite gramatiku na temelju koje je konstruiran navedeni potisni automat te odredite o kojoj se gramatici radi. [1, str. 94-95] [2]

	a	b	$\perp$
S	1	2	8
A	3	4	8
B	5	6	8
a	7	8	8
b	8	7	8
$\nabla$	8	8	9

1. zamijeni aBbA; pomakni
2. zamijeni bAaB; pomakni

3. zamijeni bA; pomakni
4. zamijeni B; zadrži
5. izvuci; zadrži
6. zamijeni aB; pomakni
7. izvuci; pomakni
8. odbaci
9. prihvati

111. Za zadanu gramatiku konstruirajte konačni potisni automat i izrazite ga pomoću tablice. Prikažite rad potisnog automata na nizu **ebabc**. [1, str. 94-95] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle A \rangle \langle B \rangle \mid d \langle C \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow a \langle C \rangle \langle B \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle B \rangle \rightarrow b \langle C \rangle \mid e \langle S \rangle$   
 $\langle C \rangle \rightarrow a \langle B \rangle \mid c$

112. Iz navedenog potisnog automata rekonstruirajte gramatiku. [1, str. 94-95] [2]

	a	b	c	d	e	$\perp$
$\langle S \rangle$	1	9	9	1	1	9
$\langle A \rangle$	6	9	9	9	7	9
$\langle B \rangle$	2	9	9	3	2	9
$\langle C \rangle$	4	5	9	9	9	9
$\nabla$	9	9	9	9	9	8

- 1: zadrži; zamijeni ( d  $\langle A \rangle$  b  $\langle B \rangle$  )
- 2: zadrži; zamijeni ( d  $\langle A \rangle$  )
- 3: pomakni; zamijeni (  $\langle C \rangle$  c  $\langle S \rangle$  )
- 4: pomakni; zamijeni (  $\langle C \rangle$  )
- 5: zadrži; izvuci
- 6: pomakni; zamijeni (  $\langle A \rangle$  )
- 7: pomakni; izvuci
- 8: prihvati
- 9: odbaci

113. Za zadanu gramatiku konstruirajte konačni potisni automat i izrazite ga pomoću tablice. Prikažite rad potisnog automata na nizu **cdabed**. [1, str. 94-95] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow a \langle A \rangle b c \langle B \rangle \mid c \langle A \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow a \langle A \rangle \mid b \mid d \langle A \rangle e \langle C \rangle$   
 $\langle B \rangle \rightarrow b \langle B \rangle \mid e \langle C \rangle$   
 $\langle C \rangle \rightarrow c \mid d \mid e$

114. Zadanu COBOL notaciju prevedite u BNF notaciju. [1, str. 81-82]

$$\left\{ \begin{array}{c} \underline{A} \\ \underline{B} \\ \underline{CD} \\ \underline{CE} \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{c} 0 \\ 1 \\ 2 \end{array} \right\} \dots \left\{ \begin{array}{c} \underline{A} \\ \underline{B} \\ \underline{DC} \\ \underline{EC} \end{array} \right\}$$

115. Zadanu gramatiku u BNF notaciji prevedite u COBOL notaciju. [1, str. 81-82]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle D \rangle CA \mid \langle D \rangle CBA \mid \langle E \rangle A$   
 $\langle D \rangle \rightarrow \langle D \rangle D \mid ABC$   
 $\langle E \rangle \rightarrow \langle E \rangle E \mid A$



116. Sljedeće pravilo zapisano u COBOL notaciji napišite u BNF notaciji: [1, str. 81-82]

$$\underline{P} \left\{ \begin{array}{c} \left[ \begin{array}{c} \underline{A} \\ \underline{N} \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{c} \underline{N} \\ \underline{KB} \end{array} \right\} \\ \underline{TNK} \end{array} \right\} \dots$$

117. Navedeni izraz zapisan u COBOL notaciji pretvorite u BNF notaciju. [1, str. 81-82]

$A[B] \dots [A[B] \dots] \dots C[C] \dots$

118. Zadani BNF zapis pretvorite u COBOL zapis. [1, str. 81-82]

```
<if> → IF <izraz> THEN <blok>
<if> → IF <izraz> THEN <blok> ELSE <blok>
<blok> → N
<blok> → BEGIN <naredbe> END
<naredbe> → N
<naredbe> → N <naredbe>
<izraz> → A=B
<izraz> → A<>B
<izraz> → A<B
<izraz> → A<=B
<izraz> → A>B
<izraz> → A>=B
```

119. Zadani BNF notaciju pretvorite u COBOL notaciju. [1, str. 81-82]

```
<S> → a<A> | b<B> | c<C>
<A> → ab<A> | bac<A> | c
<B> → a | bc<B> | c<C>ca
<C> → ab | ba
```

120. Zadani COBOL zapis pretvorite u BNF zapis. [1, str. 81-82]

$$\left\{ \begin{array}{c} \underline{C} \\ \underline{B} \\ \underline{L} \end{array} \right\} \dots [\underline{NOT}] \left\{ \begin{array}{c} \underline{2} \\ \underline{TO} \dots \end{array} \right\} \underline{B} [\underline{NOT}] \dots$$

121. Zadani COBOL zapis pretvorite u istovjetni BNF zapis. [1, str. 81-82]

$$IF A \left\{ \begin{array}{c} = \\ ! = \\ < \\ > \end{array} \right\} B THEN \left\{ \begin{array}{c} N \\ BEGIN \ N \ [N] \ END \end{array} \right\} \left[ ELSE \left\{ \begin{array}{c} N \\ BEGIN \ N \ [N] \ END \end{array} \right\} \right]$$

122. Sljedeću gramatiku zapisanu u BNF notaciji prevedite u COBOL notaciju: [1, str. 81-82]

```
<realni_broj> → <brojka> | <brojka> <rb1>
<rb1> → <brojka> | <brojka> <rb1> | . <rb2> | <rb3>
<rb2> → <brojka> | <brojka> <rb2> | <rb3>
<rb3> → E <rb4> | e <rb4>
<rb4> → + <rb5> | - <rb5> | <rb5>
<rb5> → <brojka> | <brojka> <rb5>
<brojka> → 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
```

123. Primjenom sustava oznaka BNF opišite konstante s pomičnom točkom. Na primjer,  $-2.3e10$ ,  $0.02$  i  $.2e-15$  ispravno su zapisane konstante s pomičnom točkom. [1, str. 81]
124. Primjenom sustava oznaka COBOL opišite konstante s pomičnim zarezom. Npr. konstante oblika  $-3.3e10$ ,  $-02.0$ . [1, str. 82]
125. BNF sustavom oznaka opišite BNF sustav oznaka. Za varijable koristite uniformni znak **VARIJABLA**, a za konstante uniformni znak **KONSTANTA**. [1, str. 81]
126. BNF sustavom oznaka opišite niz naredbi definicije varijabli tipa **int** u programskom jeziku C. Dopusštena imena varijabli su **a**, **b** i **c**. Početne su vrijednosti varijabli opcionalne, a mogu biti isključivo dekadski brojevi. Primjer jednog niza naredbi je: [1, str. 81]

```
int a, b=261;
int c;
int a=123;
```

127. Zadana je Co-No tablica. Odredite rezultat izvođenja zadanog programa. [1, str. 83-84] [2]
- $, 7 \rightarrow x, 12 \rightarrow y, x * y \rightarrow x, 3 \rightarrow z, x / z \rightarrow y, x - y / 2 \rightarrow x, x * 2 / y + z \rightarrow x, x * 6 - y + z * 2 - 9 * x \rightarrow y, x + y / 2 \rightarrow z,$

	,	$\rightarrow$	*	/	+	-
,	greška	dohvati	dohvati	dohvati	dohvati	dohvati
$\rightarrow$	spremi	greška	greška	greška	greška	greška
*	greška	pomnoži	pomnoži	pomnoži	pomnoži	pomnoži
/	greška	podijeli	podijeli	podijeli	podijeli	podijeli
+	greška	zbroji	zbroji	zbroji	zbroji	zbroji
-	greška	oduzmi	oduzmi	oduzmi	oduzmi	oduzmi

128. Primijenite zadanu Co-No tablicu u parsiranju sljedećeg niza:  $, 3 + 5 * 2 \rightarrow R, 6 + 2 * 3 < R > 18$ , Odredite vrijednost koja se na kraju rada parsera nalazi u akumulatoru. [1, str. 83-84] [2]

	,	$\rightarrow$	<	>	+	*
,		#1	#1	#1	#1	#1
$\rightarrow$	#2	#2	#2	#2	#2	#2
<		#3		#3	#3	#3
>		#4		#4	#4	#4
+		#5	#5	#5	#5	#5
*		#6	#6	#6	#6	#6

#1: dohvati operand u akumulator

#2: spremi vrijednost akumulatora u operand

#3: ako je operand manji od akumulatora, stavi ga u akumulator

#4: ako je operand veći od akumulatora, stavi ga u akumulator

#5: pribroji operand akumulatoru

#6: pomnoži akumulator s operandom

129. Zadanom Co-No tablicom parsirajte dva niza naredbi. Odredite prihvaća li se zadani niz zadanom Co-No tablicom, napišite generirani niz naredbi ciljnog programa i odredite vrijednosti varijabli **a**, **b** i **c** nakon izvođenja ciljnog programa.

a) ;  $4 \rightarrow a$  ;  $5 \rightarrow b$  ;  $a + b * 10 \rightarrow c$  ;

b) ;  $5 \rightarrow c$  ;  $3 \rightarrow d$  ;  $c * d$  ;  $c / d \rightarrow a$  ;

Tablica sadrži akcije generatora ciljnog programa za stogovni stroj. Akcija **PUSH** stavlja na vrh stoga zadanu vrijednost ili vrijednost zadane varijable. Akcija **POP** skida podatak s vrha stoga i sprema ga u zadanu varijablu. Akcije **ADD**, **SUB**, **MUL** i **DIV** skidaju dva podatka s vrha stoga,

izvode operaciju i stavljaju rezultat na vrh stoga. Akcija – označava grešku u ulaznom nizu. [1, str. 83-84] [2]

		Desni operator					
		;	+	-	*	/	→
Lijevi operator	;	-	#1;	#1;	#1;	#1;	#1;
	+	-	#1; #2;	#1; #2;	#1; #2;	#1; #2;	#1; #2;
	-	-	#1; #3;	#1; #3;	#1; #3;	#1; #3;	#1; #3;
	*	-	#1; #4;	#1; #4;	#1; #4;	#1; #4;	#1; #4;
	/	-	#1; #5;	#1; #5;	#1; #5;	#1; #5;	#1; #5;
	→	#6;	-	-	-	-	-

pri čemu su akcije u tablici:

#1: PUSH

#2: ADD

#3: SUB

#4: MUL

#5: DIV

#6: POP

130. Primijenite zadanu Co-No tablicu u parsiranju sljedećeg niza:  $,x+y+z>w*x\rightarrow u\rightarrow v+z\rightarrow R,$

		Desni operator				
		,	→	>	+	*
Lijevi operator	,		#1	#1	#1	#1
	→	#2	#2			
	>		#3		#3	#3
	+		#4	#4	#4	#4
	*		#5	#5	#5	#5

pri čemu su akcije u tablici:

#1: dohvati operand u akumulator

#2: spremi vrijednost akumulatora

#3: ako je operand veći od akumulatora, stavi ga u akumulator

#4: pribroji operand akumulatoru

#5: pomnoži akumulator s operandom [1, str. 83-84] [2]

131. Zadana je Co-No tablica:

		Desni operator					
		,	→	+	-	*	/
Lijevi operator	,	greška	spremi	greška	greška	greška	greška
	→	dohvati	greška	zbroji	oduzmi	moži	dijeli
	+	dohvati	greška	zbroji	oduzmi	moži	dijeli
	-	dohvati	greška	zbroji	oduzmi	moži	dijeli
	*	dohvati	greška	zbroji	oduzmi	moži	dijeli
	/	dohvati	greška	zbroji	oduzmi	moži	dijeli

Odredite vrijednosti varijabli **a**, **b** i **c** nakon izvođenja sljedećeg programa:

$,1\rightarrow a,2\rightarrow b,3\rightarrow c,a*b+c\rightarrow c,c-1/a\rightarrow b,c+b*a\rightarrow a,a*7-b+3*a-c*4+7\rightarrow c,$  [1, str. 83-84] [2]

132. Napišite Co-No tablicu za parsiranje aritmetičkih nizova koji sadrže operacije +, \*, < i >. Kao separator koristi se , (zarez), a za pohranu vrijednosti u akumulator koristi se znak →. Operator < uspoređuje sadržaj akumulatora s operandom i u akumulator stavlja manji od njih. Analogno vrijedi i za operator >, s tim da se u akumulator stavlja veći od njih. Na primjer, za  $2<3$  u akumulatoru ostaje 2, za  $4<3$  u akumulator se stavlja 3, za  $2>3$  u akumulator se stavlja

3 te za 4>3 u akumulatoru ostaje 4. Odredite vrijednost varijable **b** nakon parsiranja sljedećeg programa: , 1+2→a, 2\*2<a>2→b, [1, str. 83-84] [2]

133. Izgradite tablicu relacija prednosti za zadanu operatorsku gramatiku. [1, str. 133-135]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a \langle S \rangle \mid \langle B \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle c \langle D \rangle \mid \langle D \rangle d \\ \langle B \rangle &\rightarrow b \\ \langle D \rangle &\rightarrow c\end{aligned}$$

134. Na temelju zadane operatorske gramatike izgradite tablicu relacija prednosti. Prikažite parsiranje niza  $(a \vee a \wedge \neg a) \vee \neg a \wedge a$  pomoću izgrađene tablice. [1, str. 133-135]

$$\begin{aligned}\langle E \rangle &\rightarrow \langle E \rangle \wedge \langle T \rangle \mid \langle T \rangle \\ \langle T \rangle &\rightarrow \langle T \rangle \vee \langle P \rangle \mid \langle P \rangle \\ \langle P \rangle &\rightarrow \langle N \rangle \mid \neg \langle N \rangle \\ \langle N \rangle &\rightarrow ( \langle E \rangle ) \\ \langle N \rangle &\rightarrow a\end{aligned}$$

135. Binarni operator # lijevo je asocijativan i manje prednosti od binarnog operatora \$. Operator \$ desno je asocijativan. U izrazima je dopušteno korištenje okruglih zagrada, a varijable su označene završnim znakom a. Pripremite tablicu prednosti za parser zasnovan na prednosti operatora koji će parsirati opisane nizove. [1, str. 135-136]

136. Odredite PRIMIJENI skupove svih produkcija u zadanoj gramatici. Odredite je li gramatika LL(1) i obrazložite. [1, str. 100]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a \langle S \rangle b \langle S \rangle \mid c \langle D \rangle \langle A \rangle \mid \varepsilon \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle c \mid ba \langle B \rangle \\ \langle B \rangle &\rightarrow a \langle D \rangle \mid de \langle C \rangle \mid e \langle C \rangle \\ \langle C \rangle &\rightarrow \langle D \rangle f \mid a \langle B \rangle c \\ \langle D \rangle &\rightarrow e \langle D \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

137. Odredite PRIMIJENI skupove svih produkcija u zadanoj gramatici. Je li zadana gramatika tipa LL(1)? [1, str. 100]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a \langle S \rangle \mid b \langle X \rangle \\ \langle X \rangle &\rightarrow \langle Y \rangle \mid a \\ \langle Y \rangle &\rightarrow \langle S \rangle a \langle X \rangle \mid c \mid \varepsilon\end{aligned}$$

138. Odredite PRIMIJENI skupove svih produkcija u zadanoj gramatici. Je li zadana gramatika tipa LL(1)? Obrazložite odgovor. [1, str. 100]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a \langle S \rangle c \langle S \rangle \langle Z \rangle \mid b \langle S \rangle c \langle Y \rangle c \langle S \rangle \\ \langle Y \rangle &\rightarrow a \langle Y \rangle \langle Z \rangle c \mid cbb \langle Z \rangle \\ \langle Z \rangle &\rightarrow \langle S \rangle a \langle Z \rangle \mid c \langle Z \rangle c \langle Y \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

139. Odredite PRIMIJENI skupove svih produkcija u zadanoj gramatici. Je li zadana gramatika tipa LL(1)? Obrazložite odgovor. [1, str. 100]

$$\begin{aligned}
\langle S \rangle &\rightarrow \langle C \rangle c \langle E \rangle \mid b \langle A \rangle b \langle B \rangle \mid ded \langle A \rangle a \mid \varepsilon \\
\langle A \rangle &\rightarrow c \langle B \rangle f \mid f \langle B \rangle d \mid \varepsilon \\
\langle B \rangle &\rightarrow \langle C \rangle b \mid c \langle D \rangle \mid \varepsilon \\
\langle C \rangle &\rightarrow ad \langle C \rangle d \mid e \langle E \rangle c \langle D \rangle \langle A \rangle d \mid \varepsilon \\
\langle D \rangle &\rightarrow a \langle S \rangle fe \mid b \langle B \rangle de \mid \varepsilon \\
\langle E \rangle &\rightarrow da \langle C \rangle \mid e \langle A \rangle e \langle S \rangle fa
\end{aligned}$$

140. Konstruirajte potisni automat za zadanu LL(1)-gramatiku te odredite koji su mogući ulazni nizovi ako su se tijekom parsiranja na vrhu stoga redom pojavili nezavršni znakovi  $\langle S \rangle \langle S \rangle \langle A \rangle \langle A \rangle \langle B \rangle \langle B \rangle$  (namjerno nije navedeno pojavljivanje završnih znakova na vrhu stoga). [1, str. 99]

$$\begin{aligned}
\langle S \rangle &\rightarrow a \langle S \rangle c \mid b \langle A \rangle d \\
\langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle \mid b \langle A \rangle d \\
\langle B \rangle &\rightarrow e \langle B \rangle \mid \varepsilon
\end{aligned}$$

141. Odredite PRIMIJENI skupove za produkcije zadane gramatike (nije potrebno koristiti algoritam od 12 koraka). Odredite je li gramatika LL(1) i obrazložite odgovor. [1, str. 100]

$$\begin{aligned}
\langle S \rangle &\rightarrow a \langle A \rangle \langle S \rangle b \langle C \rangle \langle D \rangle \mid \varepsilon \\
\langle A \rangle &\rightarrow c \langle A \rangle \langle S \rangle e \mid \varepsilon \\
\langle B \rangle &\rightarrow a \langle S \rangle fc \mid cba \langle B \rangle \mid \varepsilon \\
\langle C \rangle &\rightarrow ab \langle C \rangle d \mid c \langle C \rangle e \mid \varepsilon \\
\langle D \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a \langle B \rangle f \mid d \langle B \rangle \langle D \rangle \mid \varepsilon
\end{aligned}$$

142. Odredite PRIMIJENI skupove za produkcije dane kontekstno neovisne gramatike čiji je početni nezavršni znak  $\langle A \rangle$ . Odredite kojeg tipa je ta gramatika i navedite uvjete koje ispunjavaju gramatike tog tipa. [1, str. 85-115]

$$\begin{aligned}
\langle A \rangle &\rightarrow a \langle E \rangle \mid c \mid \varepsilon \\
\langle B \rangle &\rightarrow b \langle C \rangle b \langle A \rangle \mid d \\
\langle C \rangle &\rightarrow a \langle B \rangle e \mid b \mid d \langle A \rangle b \langle D \rangle \\
\langle D \rangle &\rightarrow c \langle C \rangle f \mid \varepsilon \\
\langle E \rangle &\rightarrow a \langle D \rangle a \mid c \langle B \rangle f
\end{aligned}$$

143. Zadanu gramatiku pretvorite u S-gramatiku. [1, str. 85] [2]

$$\begin{aligned}
\langle S \rangle &\rightarrow a \langle A \rangle b \mid b \langle A \rangle c \mid c \langle B \rangle a \\
\langle A \rangle &\rightarrow d \mid \varepsilon \\
\langle B \rangle &\rightarrow \underline{\langle B \rangle c} \mid g
\end{aligned}$$

144. Zadanu gramatiku pretvorite u S-gramatiku. [1, str. 85] [2]

$$\begin{aligned}
\langle S \rangle &\rightarrow \langle C \rangle \mid a \langle A \rangle c \mid b \langle B \rangle a \\
\langle A \rangle &\rightarrow ab \langle A \rangle \mid bac \langle A \rangle \mid \varepsilon \\
\langle B \rangle &\rightarrow \langle C \rangle c \mid bc \langle B \rangle \mid \varepsilon \\
\langle C \rangle &\rightarrow cab \mid cba
\end{aligned}$$

145. Zadanu gramatiku pretvorite u S-gramatiku koja generira isti jezik. [1, str. 85] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle C \rangle \mid a\langle A \rangle c \mid b\langle B \rangle a \\ \langle A \rangle &\rightarrow ab\langle A \rangle \mid bac\langle A \rangle \mid \varepsilon \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle C \rangle c \mid bc\langle B \rangle \mid \varepsilon \\ \langle C \rangle &\rightarrow cab \mid cba\end{aligned}$$

146. Pretvorite zadanu gramatiku u S-gramatiku. Provedite i postupak pojednostavljenja dobivene gramatike. [1, str. 85] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow ab\langle A \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle bc \mid cb\langle A \rangle \\ \langle B \rangle &\rightarrow a\langle S \rangle a \mid cc\langle B \rangle b \mid \varepsilon\end{aligned}$$

147. Za zadanu kontekstno neovisnu gramatiku konstruirajte istovjetnu gramatiku koja nema  $\varepsilon$ -produkcija i u kojoj desna strana svake produkcije započinje završnim znakom. [1, str. 85] [2]

$$\begin{aligned}\langle A \rangle &\rightarrow a\langle B \rangle a \mid ac\langle B \rangle c \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle B \rangle a \mid a\langle A \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

148. Zadanu gramatiku pretvorite u Q-gramatiku i pokažite da dobivena gramatika zadovoljava pravila Q-gramatike. [1, str. 91-95]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle A \rangle c\langle D \rangle \mid c \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle a \mid b\langle D \rangle c \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle C \rangle e \mid ef\langle A \rangle \\ \langle C \rangle &\rightarrow \langle B \rangle \mid a \\ \langle D \rangle &\rightarrow a\langle D \rangle \mid b\end{aligned}$$

149. Zadanu Q-gramatiku pretvorite u S-gramatiku. [1, str. 85-95]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle \langle C \rangle c \mid b\langle B \rangle \langle A \rangle a \\ \langle A \rangle &\rightarrow d\langle C \rangle \mid \varepsilon \\ \langle B \rangle &\rightarrow f \mid \varepsilon \\ \langle C \rangle &\rightarrow e\langle B \rangle\end{aligned}$$

150. Zadanu gramatiku pretvorite u LL(1)-gramatiku koja generira isti jezik: [1, str. 107-111]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle S \rangle ca \mid a\langle A \rangle c \mid ab\langle S \rangle b \\ \langle A \rangle &\rightarrow c\langle A \rangle c \mid d\langle B \rangle ac \mid db\langle A \rangle c \\ \langle B \rangle &\rightarrow baa\langle B \rangle \mid bbc\langle B \rangle \mid d\end{aligned}$$

151. Zadanu gramatiku prevedite u Q-gramatiku, uz pretpostavku da su **kon** i **var** završni znakovi. [1, str. 91-98]

$$\begin{aligned}\langle E \rangle &\rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle \mid \langle T \rangle \\ \langle T \rangle &\rightarrow \langle P \rangle \mid \langle T \rangle * \langle P \rangle \\ \langle P \rangle &\rightarrow (\langle E \rangle) \mid \text{kon} \mid \text{var}\end{aligned}$$

152. Za zadanu gramatiku izgradite parser zasnovan na tehnici parsiranja *Pomakni-Pronađi*. [1, str. 121-123]

$\langle S \rangle \rightarrow b\langle A \rangle \mid p\langle A \rangle m\langle C \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow d\langle S \rangle a \mid e$   
 $\langle C \rangle \rightarrow d\langle A \rangle$

153. Odredite tip zadane gramatike i konstruirajte potisni automat parsera od vrha prema dnu. [1, str. 84-100]

$\langle S \rangle \rightarrow a\langle A \rangle b\langle B \rangle \mid b\langle B \rangle \langle A \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow a\langle C \rangle$   
 $\langle B \rangle \rightarrow b\langle A \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle C \rangle \rightarrow cc$

154. Za zadanu gramatiku odrediti tip gramatike i konstruirati potisni automat: [1, str. 84-100]

$\langle S \rangle \rightarrow a\langle A \rangle \langle B \rangle c$   
 $\langle A \rangle \rightarrow b\langle B \rangle \langle C \rangle$   
 $\langle B \rangle \rightarrow cde$   
 $\langle C \rangle \rightarrow \varepsilon$

155. Za zadanu gramatiku izgradite parser zasnovan na tehnici *Pomakni-Pronađi*. [1, str. 121-123] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow ab\langle A \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow ab\langle B \rangle \mid bb$   
 $\langle B \rangle \rightarrow c$

156. Za zadanu gramatiku konstruirajte parser zasnovan na tehnici *Pomakni-Pronađi*. Proturječja *Pomakni/Pronađi* razriješite u korist akcije *Pomakni*. [1, str. 121-123] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow aba\langle S \rangle q\langle W \rangle \mid baf\langle Y \rangle$   
 $\langle W \rangle \rightarrow cc\langle S \rangle \mid q$   
 $\langle Y \rangle \rightarrow caba\langle W \rangle \mid ffa\langle S \rangle q\langle W \rangle$

157. Za zadanu gramatiku konstruirajte parser od dna prema vrhu metodom *Pomakni-Pronađi*. [1, str. 121-123] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow a\langle S \rangle \langle A \rangle \langle B \rangle \mid b\langle B \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow bad \mid c\langle A \rangle \langle B \rangle e$   
 $\langle B \rangle \rightarrow ab \mid d\langle A \rangle e$

158. Za zadanu Q-gramatiku konstruirajte potisni automat. [1, str. 94-95] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow ffg\langle A \rangle \langle B \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow f\langle C \rangle ae\langle A \rangle \langle B \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle B \rangle \rightarrow ga\langle A \rangle$   
 $\langle C \rangle \rightarrow ee \mid g\langle S \rangle$

159. Konstruirajte potisni automat za zadanu gramatiku. [1, str. 94-95]

$\langle S \rangle \rightarrow a\langle B \rangle\langle A \rangle b \mid b\langle A \rangle\langle B \rangle c$   
 $\langle A \rangle \rightarrow ba\langle B \rangle ba \mid bb\langle B \rangle bb \mid c\langle B \rangle c$   
 $\langle B \rangle \rightarrow a\langle B \rangle a \mid \varepsilon$

160. Konstruirajte potisni automat koji prihvća nizove koje generira zadana gramatika. [1, str. 98-99]

$\langle S \rangle \rightarrow a\langle A \rangle b\langle B \rangle c \mid b\langle B \rangle a\langle A \rangle a$   
 $\langle A \rangle \rightarrow \langle A \rangle c\langle B \rangle a \mid \langle B \rangle a \mid a$   
 $\langle B \rangle \rightarrow \langle B \rangle b \mid b$

161. Konstruirajte potisni automat za zadanu Q-gramatiku. [1, str. 94-95] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow a\langle A \rangle\langle B \rangle c \mid c\langle B \rangle\langle A \rangle b$   
 $\langle A \rangle \rightarrow a\langle A \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle B \rangle \rightarrow b\langle B \rangle \mid c$

162. Konstruirajte jednostavni potisni automat za navedenu LL(1)-gramatiku. Automat prikažite u tabličnom obliku. [1, str. 99]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle B \rangle\langle B \rangle b \mid cba\langle A \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle A \rangle \rightarrow ca\langle B \rangle \mid dc\langle A \rangle a$   
 $\langle B \rangle \rightarrow a\langle A \rangle\langle S \rangle d \mid b\langle S \rangle d$

163. Konstruirajte potisni automat za navedenu LL(1)-gramatiku. Automat prikažite u tabličnom obliku. Za određivanje PRIMIJENI skupova nije potrebno koristiti algoritam od 12 koraka, ali je za konstrukciju potisnog automata potrebno pridržavati se postupka iz udžbenika. [1, str. 99]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle B \rangle b \mid c b a a \langle A \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle A \rangle \rightarrow c a \langle B \rangle \mid d c \langle A \rangle a$   
 $\langle B \rangle \rightarrow a \langle A \rangle \langle S \rangle d \mid b \langle S \rangle d$

164. Prikažite stanje stoga i položaj glave za čitanje ulazne trake tijekom parsiranja niza abca primjenom zadanog potisnog automata. Koje je akcije potisnog automata potrebno pridružiti ćeliji s oznakom **X** da bi niz **abca** bio prihvatljiv? Obrazložite odgovor. [1, str. 90]

	a	b	c	$\perp$
S	#1	#2	-	-
A	-	-	#3	-
B	X	-	-	-
b	-	#5	-	-
$\nabla$	-	-	-	#6

#1: ZAMIJENI(Ab); POMAKNI;  
 #2: ZAMIJENI(B); POMAKNI;  
 #3: ZAMIJENI(B); POMAKNI;  
 #5: IZVUCI; POMAKNI;  
 #6: PRIHVATI;  
 -: ODBACI;



165. Neka je zadana sljedeća S-gramatika:

$$\begin{aligned} \langle S \rangle &\rightarrow ab\langle R \rangle \mid b\langle R \rangle b\langle S \rangle \\ \langle R \rangle &\rightarrow a \mid b\langle R \rangle \end{aligned}$$

te neka je zadana sljedeća tablica prijelaza potisnog automata:

	a	b	$\perp$
$\langle S \rangle$	(1)	(2)	Prihvati
$\langle R \rangle$	(3)	(4)	-
b	-	(3)	-
$\nabla$	-	-	-

- (1) Zamijeni( $\langle R \rangle$  b a); Pomakni;  
 (2) Zamijeni( $\langle S \rangle$  b  $\langle R \rangle$  b); Pomakni;  
 (3) Izvuci; Pomakni;  
 (4) Zamijeni( $\langle R \rangle$ );  
 (-) Odbaci;

Utvrđite prihvaća li potisni automat s navedenom tablicom prijelaza jezik zadan navedenom S-gramatikom. Ako ne, navedite potrebne izmjene u tablici kako bi potisni automat prihvaćao jezik. [1, str. 85-89]

166. Odredite produkcije i vrstu gramatike na temelju koje je konstruiran sljedeći potisni automat. [1, str. 85-99] [2]

	a	b	c	$\perp$
S	1	2	3	8
A	2	4	8	4
B	5	4	6	8
b	8	7	8	8
$\nabla$	8	8	8	9

- 1: zamijeni (cA); pomakni  
 2: zamijeni (S); pomakni  
 3: zamijeni (bB); pomakni  
 4: izvuci; zadrži  
 5: zamijeni (AbB); pomakni  
 6: zamijeni (SS); pomakni  
 7: izvuci; pomakni  
 8: odbaci  
 9: prihvati

167. Odredite gramatiku na temelju koje je konstruiran sljedeći potisni automat. [1, str. 85-99] [2]

	1	2	3	4	$\perp$
$\langle S \rangle$	1	2	7	1	2
$\langle A \rangle$	3	7	7	4	7
$\langle B \rangle$	7	5	7	7	7
$\langle C \rangle$	7	7	7	6	7
$\nabla$	7	7	7	7	8

- 1: zadrži; zamijeni (2B1A)  
 2: zadrži; izvuci  
 3: pomakni; zamijeni (A)  
 4: zadrži; zamijeni (C)

- 5: pomakni; izvuci
- 6: pomakni; zamijeni (2S)
- 7: odbaci
- 8: prihvati

168. Napišite gramatiku na temelju koje je nastao zadani potisni automat i odredite tip gramatike. [1, str. 85-99] [2]

	a	b	c	d	e	$\perp$
$\langle S \rangle$	9	9	9	9	4	9
$\langle A \rangle$	9	9	9	9	5	9
$\langle B \rangle$	9	9	9	9	6	9
$\langle C \rangle$	1	1	9	9	7	7
$\langle D \rangle$	9	9	9	9	3	9
$\langle E \rangle$	7	7	2	2	7	7
e	9	9	9	9	8	9
$\nabla$	9	9	9	9	9	10

- 1: zamijeni ( $\langle C \rangle \langle B \rangle$ ); pomakni
- 2: zamijeni ( $\langle E \rangle \langle D \rangle$ ); pomakni
- 3: zamijeni ( $e \langle A \rangle$ ); pomakni
- 4: zamijeni ( $\langle A \rangle$ ); zadrži
- 5: zamijeni ( $\langle C \rangle \langle B \rangle$ ); zadrži
- 6: zamijeni ( $\langle E \rangle \langle D \rangle$ ); zadrži
- 7: izvuci; zadrži
- 8: izvuci; pomakni
- 9: odbaci
- 10: prihvati

169. Rekonstruirajte gramatiku iz koje je nastao sljedeći potisni automat [1, str. 85-99] [2]

	(	)	+	*	konst	$\perp$
$\langle E \rangle$	1	2	2	2	3	2
$\langle T \rangle$	2	2	4	5	2	5
$\langle P \rangle$	2	6	2	4	2	6
)	2	7	2	2	2	2
$\nabla$	2	2	2	2	2	8

- 1: Zamijeni( $\langle T \rangle \langle E \rangle$ ); Pomakni;
- 2: Odbaci;
- 3: Zamijeni( $\langle T \rangle$ ); Pomakni;
- 4: Zamijeni( $\langle E \rangle$ ); Pomakni;
- 5: Zamijeni( $\langle P \rangle$ ); Zadrži;
- 6: Izvuci; Zadrži;
- 7: Izvuci; Pomakni;
- 8: Prihvati;

170. Za zadanu tablicu potisnog automata rekonstruirati gramatiku i odrediti tip gramatike. [1, str. 85-99] [2]

	e	a	b	c	d	$\perp$
<S>	1	2	2	1	2	2
<A>	3	2	2	3	2	2
<D>	8	2	2	4	2	2
<B>	2	5	2	2	7	7
<C>	2	7	6	2	7	7
d	2	2	2	2	7	7
$\nabla$	2	2	2	2	2	9

- 1: Zamijeni(<B><A>); Zadrži;
- 2: Odbaci;
- 3: Zamijeni(<C><D>); Zadrži;
- 4: Zamijeni(<S>); Pomakni;
- 5: Zamijeni(<B><A>); Pomakni;
- 6: Zamijeni(<C><D>); Pomakni;
- 7: Izvuci; Zadrži;
- 8: Izvuci; Pomakni;
- 9: Prihvati;

171. Odredite produkcije gramatike na temelju koje je konstruiran sljedeći potisni automat. [1, str. 85-99] [2]

	a	b	c	$\perp$
S	#1	#2	#3	#8
A	#2	#4	#8	#4
B	#5	#4	#6	#8
b	#8	#7	#8	#8
$\nabla$	#8	#8	#8	#9

- #1: Zamijeni (A); Pomakni;
- #2: Zamijeni (S); Pomakni;
- #3: Zamijeni (bB); Pomakni;
- #4: Izvuci; Zadrži;
- #5: Zamijeni (AbB); Pomakni;
- #6: Zamijeni (SS); Pomakni;
- #7: Izvuci; Pomakni;
- #8: Odbaci;
- #9: Prihvati;

172. Nacrtajte DKA na temelju kojeg je izgrađen zadani LR-parser. Pomoću zadanog LR-parsera parsirajte niz: **cbacbaba**. [1, str. 140-144]

	Akcija				Novo stanje		
	a	b	c	$\perp$	S	A	B
0			p3			s1	
1		p2					
2				r1			
3		p4					
4	p7		p6				s5
5		r2					
6		r3					
7					s8		
8		p9					
9		r4					

pX = Pomakni (X);

r1 = Reduciraj ( $S \rightarrow Ab$ ); Prihvati ();

r2 = Reduciraj ( $A \rightarrow cbB$ );

r3 = Reduciraj ( $B \rightarrow c$ );

r4 = Reduciraj ( $S \rightarrow aAb$ );

sX = Stavi (X);

173. Prikažite korake tijekom parsiranja niza **bbcb** primjenom zadanog LR(1)-parsera. [1, str. 141-144] [2]

Stanje	Akcija			Novo stanje		
	b	c	$\perp$	<S>	<A>	<B>
0	P1					
1	P2				S3	
2	P5					S6
3	P4					S7
4			R3			
5		R3				
6		P8				
7			Prihvati			
8	R2					

R1 = Reduciraj (  $\langle S \rangle \rightarrow b \langle A \rangle \langle B \rangle$  )

R2 = Reduciraj (  $\langle A \rangle \rightarrow b \langle B \rangle c$  )

R3 = Reduciraj (  $\langle B \rangle \rightarrow b$  )

174. Prikažite korake tijekom parsiranja niza **dccd** primjenom zadanog LR(1)-parsera. [1, str. 141-144] [2]

Stanje	Akcija			Novo stanje	
	c	d	$\perp$	$\langle S \rangle$	$\langle C \rangle$
0	P3	P4		S1	S2
1			Prihvati()		
2	P6	P7			S5
3	P3	P4			S8
4	R1	R3			
5			R1		
6	P6	P7			S9
7			R3		
8	R2	R2			
9			R2		

R1 = Reduciraj (  $\langle S \rangle \rightarrow \langle C \rangle \langle C \rangle$  )

R2 = Reduciraj (  $\langle C \rangle \rightarrow c \langle C \rangle$  )

R3 = Reduciraj (  $\langle C \rangle \rightarrow d$  )

175. Izgradite SLR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle S \rangle \langle S \rangle^* \mid \langle S \rangle \langle S \rangle^+ \mid c \mid v$

176. Za zadanu gramatiku konstruirajte SLR(1)-parser. [1, str. 139-147] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow m \mid q \langle P \rangle$

$\langle P \rangle \rightarrow \langle Q \rangle \langle P \rangle$

$\langle Q \rangle \rightarrow b$

177. Konstruirajte SLR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle A \rangle c \langle C \rangle e$

$\langle A \rangle \rightarrow a \langle B \rangle \mid b \langle B \rangle$

$\langle B \rangle \rightarrow \langle A \rangle \mid \varepsilon$

$\langle C \rangle \rightarrow d f \langle C \rangle \mid \varepsilon$

178. Za zadanu gramatiku konstruirajte SLR(1)-parser. [1, str. 139-147] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle A \rangle \langle B \rangle \mid a \langle S \rangle$

$\langle A \rangle \rightarrow a \langle A \rangle a \mid ac$

$\langle B \rangle \rightarrow b \langle A \rangle$

179. Konstruirajte SLR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow \langle B \rangle a \mid a \langle A \rangle \langle S \rangle$

$\langle A \rangle \rightarrow \langle A \rangle c \mid cb$

$\langle B \rangle \rightarrow a \langle S \rangle b \mid b \langle A \rangle$

180. Za zadanu gramatiku izgradite SLR(1)-parser. [1, str. 139-147] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow a \langle A \rangle c$

$\langle A \rangle \rightarrow x \langle S \rangle \mid \varepsilon$

181. Konstruirajte SLR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle B \rangle \mid a\langle B \rangle b\langle A \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle b\langle A \rangle \mid c \\ \langle B \rangle &\rightarrow d \mid e\langle S \rangle \langle C \rangle \\ \langle C \rangle &\rightarrow f\langle S \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

182. Izgradite SLR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a\langle B \rangle b \\ \langle A \rangle &\rightarrow a \\ \langle B \rangle &\rightarrow c\langle A \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

183. Za zadanu gramatiku izgradite SLR(1)-parser. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle B \rangle \langle A \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle B \rangle b\langle A \rangle \mid a\langle B \rangle \mid b \\ \langle B \rangle &\rightarrow c\langle A \rangle\end{aligned}$$

184. Izgradite LR(0)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$$\langle S \rangle \rightarrow \langle S \rangle a\langle S \rangle \mid b\langle S \rangle c \mid d$$

185. Konstruirajte LR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 147-152] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle b\langle A \rangle \mid ba\langle A \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

186. Izgradite LR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow b\langle A \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow \langle S \rangle a \mid \varepsilon\end{aligned}$$

187. Za zadanu gramatiku izgradite LR(1)-parser. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle S \rangle a \mid a\langle A \rangle b \\ \langle A \rangle &\rightarrow ab\langle A \rangle \mid b\langle B \rangle \langle B \rangle \\ \langle B \rangle &\rightarrow \langle A \rangle \langle B \rangle \mid ab\end{aligned}$$

188. Za zadanu gramatiku izgradite LR(1)-parser. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow b\langle A \rangle \langle B \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow b\langle B \rangle c \\ \langle B \rangle &\rightarrow b\end{aligned}$$

189. Konstruirajte kanonski LR-parser (LR(1)) za zadanu gramatiku. [1, str. 139-147] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle c \mid b\langle A \rangle d \\ \langle A \rangle &\rightarrow a\langle A \rangle \mid b\langle A \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

190. Izgradite LALR(1)-parser za zadanu gramatiku. [1, str. 155-156]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle A \rangle a\langle B \rangle b \\ \langle A \rangle &\rightarrow a \\ \langle B \rangle &\rightarrow c\langle A \rangle \mid \varepsilon\end{aligned}$$

## 4. Semantička analiza

191. Proširite sljedeću gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima tako da se dobije L-atributna prijevodna gramatika koja će računati dekadsku vrijednost rimskih brojeva. Početni znak gramatike  $\langle S \rangle$  neka ima samo jedno i to izvedeno svojstvo. Konstruirajte potisni automat za dobivenu gramatiku. [1, str. 180-195] [2]

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow V\langle A \rangle \mid I\langle B \rangle \\ \langle A \rangle &\rightarrow I\langle C \rangle \mid \varepsilon \\ \langle B \rangle &\rightarrow V \mid I\langle D \rangle \mid \varepsilon \\ \langle C \rangle &\rightarrow I\langle D \rangle \mid \varepsilon \\ \langle D \rangle &\rightarrow I \mid \varepsilon\end{aligned}$$

192. Zadana je gramatika koja generira aritmetičke izraze čiji su operandi razlomci zapisani u obliku **brojnik:nazivnik**. Pretvorite zadanu gramatiku u LL(1)-gramatiku. Dobivenu gramatiku proširite svojstvima i akcijskim znakovima tako da se dobije L-atributna gramatika koja izračunava i potom ispisuje vrijednost aritmetičkog izraza. Definirajte akcijske znakove pomoću: cjelobrojnog dijeljenja, množenja i zbrajanja, funkcije **zajnaz** koja izračunava zajednički nazivnik i funkcije **ispis** koja ispisuje razlomak.

$$\begin{aligned}\langle S \rangle &\rightarrow \langle E \rangle \\ \langle E \rangle &\rightarrow \langle E \rangle + \langle T \rangle \mid \langle T \rangle \\ \langle T \rangle &\rightarrow \langle P \rangle \mid \langle T \rangle * \langle P \rangle \\ \langle P \rangle &\rightarrow (\langle E \rangle) \mid \text{broj:broj}\end{aligned}$$

Znak **:** nije operator dijeljenja, već specijalni znak koji odvaja brojnik od nazivnika. U produkcijama je **broj** završni znak koji predstavlja cijeli broj. Niti u jednom trenutku razlomak se ne smije pretvoriti u realni broj, već se tijekom izračunavanja vrijednosti izraza razlomci promatraju kao par cjelobrojnih vrijednosti (brojnik i nazivnik). [1, str. 107-111, 180-183] [2]

193. Zadana je L-atributna gramatika koja izračunava vrijednost jednostavnih izraza koji se sastoje od operacija zbrajanja i množenja. Završni znak broj cjelobrojna je konstanta čije svojstvo odgovara vrijednosti dekadskog broja. [1, str. 180-198] [2]

a) odredite nasljedna i izvedena svojstva te odrediti redoslijed računanja svojstava i domene za računanje svojstava svake produkcije,

b) definirajte akcije potisnog automata i pokazati promjene na stogu potisnog automata za ulazni niz **6+2\*4**,

c) napišite parser metodom rekurzivnog spusta; trenutni znak na ulazu je pohranjen u globalnu varijablu **znak**, a sljedeći znak se u tu varijablu čita pozivom globalne funkcije **noviznak()**; pretpostaviti da za izvođenje akcijskih znakova već postoje odgovarajući potprogrami: **Zbroji()** i **Pomnozi()**.

$S_a \rightarrow U_b T_{c,d}$	$c \leftarrow b, a \leftarrow d$
$T_{a,b} \rightarrow +U_c \{Zbroji\}_{d,e,f} T_{g,h}$	$d \leftarrow a, e \leftarrow c, g \leftarrow f, b \leftarrow h$
$T_{a,b} \rightarrow \varepsilon$	$b \leftarrow a$
$U_a \rightarrow P_b V_{c,d}$	$c \leftarrow b, a \leftarrow d$
$V_{a,b} \rightarrow *P_c \{Pomnozi\}_{d,e,f} V_{g,h}$	$d \leftarrow a, e \leftarrow c, g \leftarrow f, b \leftarrow h$
$V_{a,b} \rightarrow \varepsilon$	$b \leftarrow a$
$P_a \rightarrow (S_b)$	$a \leftarrow b$
$P_a \rightarrow broj_b$	$a \leftarrow b$

194. Zadanu gramatiku koja prihvaća oktalne brojeve s pomičnim zarezo proširite svojstvima i akcijskim znakovima koji će izračunati dekadsku vrijednost pročitano broj (također s pomičnim zarezo). Pretpostavite da završni znak **znamenka** ima jedno svojstvo koje je izvedeno i predstavlja vrijednost oktalne znamenke (**0-7**). [1, str. 177-180] [2]

$\langle S \rangle \rightarrow \text{znamenka } \langle A \rangle . \langle B \rangle$   
 $\langle A \rangle \rightarrow \text{znamenka } \langle A \rangle \mid \varepsilon$   
 $\langle B \rangle \rightarrow \text{znamenka } \langle B \rangle \mid \varepsilon$

195. Odredite koja su izvedena, a koja nasljedna svojstva te redoslijed računanja svojstava za sve produkcije zadane L-atributne gramatike. [1, str. 173-181]

$S_{a,b} \rightarrow x_c A_{d,e} \{Akc1\}_{f,g} B_{h,i,j} z_k \{Akc2\}_{m,n,o}$	$d \leftarrow a, e \leftarrow c, f \leftarrow c, h \leftarrow g,$ $m \leftarrow i, b \leftarrow i, n \leftarrow j, o \leftarrow k$
$A_{a,b} \rightarrow y_c z_d A_{e,f} \{Akc3\}_{g,h}$	$e \leftarrow a, f \leftarrow c, g \leftarrow b, h \leftarrow d$
$A_{a,b} \rightarrow A_{c,d} z_e \{Akc3\}_{f,g}$	$c \leftarrow a, d \leftarrow b, f \leftarrow d, g \leftarrow e$
$A_{a,b} \rightarrow x_c B_{d,e,f} x_g \{Akc4\}_{h,i,j,k,m}$	$d \leftarrow a, h \leftarrow b, i \leftarrow c, j \leftarrow e, k \leftarrow f, m \leftarrow g$
$B_{a,b,c} \rightarrow z_d x_e B_{f,g,h} \{Akc5\}_{i,j,k,m}$	$f \leftarrow e, i \leftarrow a, j \leftarrow d, k \leftarrow g, b \leftarrow h, c \leftarrow m$
$B_{a,b,c} \rightarrow y_d \{Akc6\}_{e,f,g} y_h \{Akc6\}_{i,j,k} y_m$	$e \leftarrow a, f \leftarrow d, i \leftarrow g, j \leftarrow h, b \leftarrow m, c \leftarrow k$
$B_{a,b,c} \rightarrow S_{d,e} x_f \{Akc6\}_{g,h,i}$	$d \leftarrow a, g \leftarrow e, h \leftarrow f, b \leftarrow e, c \leftarrow i$

196. Za zadanu L-atributnu gramatiku napišite parser zasnovan na rekurzivnom spustu. Koristite pseudokôd sličan programskom jeziku C. U kôdu koristite reference umjesto pokazivača te zanemariti deklaracije varijabli. Pretpostavite da su izlazne akcije već ostvarene kao zasebni potprogrami. Na raspolaganju su još i globalna varijabla **proc\_znak** u kojoj je pohranjen zadnji pročitani ulazni znak, potprogram **slij\_znak()** koji učitava sljedeći ulazni znak te potprogram **greska()** koji zaustavlja parsiranje i ispisuje poruku o grešci. [1, str. 195-198]

$S_s \rightarrow \{Zbroji\}_{a,b,c} [L_{d,e}] \{Ispisi\}_{f,g}$	$s \leftarrow 1 \ a \leftarrow s \ b \leftarrow 1 \ e \leftarrow c \ f \leftarrow d \ g \leftarrow c$
$L_{a,b} \rightarrow \{Oduzmi\}_{c,d,e} [L_{f,g}] \{Ispisi\}_{h,i}$	$a \leftarrow 0 \ c \leftarrow b \ d \leftarrow 1 \ g \leftarrow e \ h \leftarrow f \ i \leftarrow e$
$L_{a,b} \rightarrow X_c L_{d,e} \{Oduzmi\}_{f,g,h}$	$a \leftarrow h \ e \leftarrow b \ f \leftarrow d \ g \leftarrow c$
$L_{a,b} \rightarrow \varepsilon$	$a \leftarrow 0$
$X_a \rightarrow a$	$a \leftarrow -1$

197. U pseudokodu sličnom jeziku C napišite parser zasnovan na metodi rekurzivnog spusta za zadanu gramatiku. [1, str. 195-198]

$\langle S \rangle \rightarrow a_p \langle B \rangle_{q,r} \langle A \rangle_{x,y} b_z \{Ispisi_w\}$	$q \leftarrow p + 3, x \leftarrow r, w \leftarrow z + y \times p$
$\langle A \rangle_{p,q} \rightarrow \varepsilon$	$q \leftarrow p \% 3$
$\langle B \rangle_{p,q} \rightarrow a_r \langle A \rangle_{x,y} b_z$	$x \leftarrow p, q \leftarrow y \times z + r$

198. Navedite sve ulazne nizove za koje zadana gramatika generira sljedeći niz izlaznih završnih znakova: {x}{q}{b}{q}{w}{a}. Za svaki ulazni niz nacrtajte sintaksno stablo. [1, str. 171]

$\langle S \rangle \rightarrow b \{z\} a \langle A \rangle \mid \langle A \rangle \{w\} b \{a\} a$   
 $\langle A \rangle \rightarrow \{x\} \langle B \rangle c \langle B \rangle \langle A \rangle \{q\} \mid c \{y\} \{z\} a \langle A \rangle b \{p\} \mid a$   
 $\langle B \rangle \rightarrow \langle B \rangle a \{q\} c b \{b\} \langle A \rangle \mid b a \{q\} \langle A \rangle c \{b\} \mid c$



199. Zadana je gramatika koja opisuje deklaraciju i inicijalizaciju dvodimenzionalnog polja. Odredite PRIMIJENI skupove za sve produkcije. Proširite gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima tako da se omogući provjera ispravnosti deklaracije i inicijalizacije. Osim operatora `=, [, ], {, }, ;, s_zarez`, u završne znakove spadaju i ključne riječi `kr_int`, `kr_char`, `kr_double`, identifikatori `idn` te konstante `const`. Pretpostavite da završni znak `const` ima jedno izvedeno svojstvo koje označava jedan od tri moguća tipa konstante. Veličina polja može se zadati samo pomoću cjelobrojnih konstanti. Tijekom provjere nije potrebno ispitivati ispravnost dimenzija inicijalizacijskog dijela. [1, str. 178-180]

```

<S> → <T> idn <D> = <I> ;
<D> → [ const ][ const ]
<E> → { <T> <K> }
<I> → { <E> <L> }
<K> → s_zarez <T> <K> | ε
<L> → s_zarez <E> <L> | ε
<T> → const | kr_char | kr_double | kr_int

```

200. Gramatiku koja služi za parsiranje naredbe deklaracije s pridruživanjem proširite svojstvima i akcijskim znakovima tako da se provjerava ispravnost tipa s lijeve i desne strane operatora pridruživanja. Nadalje, izračunajte i ispišite vrijednost konstante koja se zadanim izrazom pridružuje deklariranoj varijabli. Jezik ne dopušta implicitnu pretvorbu tipova. [1, str. 178-180] [2]

```

<S>→ <T> <I> = <E> ;
<T>→ int | float | double
<I>→ idn
<V>→ c_int | c_float | c_double
<E>→ <V> <L> | <C> ( <E> )
<L>→ <O> <E> <L> | ε
<C>→ <T> | ε
<O>→ + | -

```

Napomena: Produkcija  $\langle E \rangle \rightarrow \langle C \rangle ( \langle E \rangle )$  omogućava eksplicitnu promjenu tipa izraza  $\langle E \rangle$ .

201. Za zadanu atributnu gramatiku, u pseudokodu sličnom jeziku C napišite parser metodom rekurzivnog spusta. [1, str. 195-198]

$\langle S \rangle_o \rightarrow a \langle A \rangle_p bc \langle B \rangle_{q,r} \{Ispisi\}_w$	$p \leftarrow o \quad w \leftarrow q \quad r \leftarrow o$
$\langle S \rangle_o \rightarrow b \langle A \rangle_p \{Zbroji\}_{r,w,z}$	$p \leftarrow o \quad w \leftarrow o \quad r \leftarrow o$
$\langle A \rangle_o \rightarrow c \langle B \rangle_{p,q} \{Oduzmi\}_{r,w,z}$	$r \leftarrow o \quad w \leftarrow p \quad q \leftarrow o$
$\langle B \rangle_{o,p} \rightarrow ac$	$o \leftarrow p + 2$

202. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja parsira nizove cijelih dekadskih brojeva zapisane u obliku `{a1, a2, a3, ..., an}`.

Proširite gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima koji računaju aritmetičku sredinu zadanog niza tako da sva pravila računanja budu pravila preslikavanja. Nizovi mogu biti proizvoljne duljine. [1, str. 178-180]

203. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja parsira nizove koji predstavljaju multiskup (skup u kojem se elementi mogu ponavljati) točaka u ravnini zapisan u obliku

`[(x1, y1), (x2, y2), ..., (xn, yn)]`.

U gramatici za broj koji predstavlja  $x$  ili  $y$  koordinatu točke koristiti završni znak  $b$ . Proširite gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima koji računaju koordinate težišta multiskupa tako da sva pravila računanja budu pravila preslikavanja. [1, str. 178-180]

204. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja parsira nizove nenegativnih cijelih dekadskih brojeva zapisane u obliku:

$\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$

Proširite gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima koji pronalaze broj u zadanom nizu s najvećom vrijednošću, tako da sva pravila računanja budu pravila preslikavanja. Nizovi mogu biti proizvoljne duljine. [1, str. 178-180]

205. Opišite postupak izgradnje potisnog automata za prijevodnu gramatiku. [1, str. 184-195]
206. Objasnite što je provjera vrijednosti obilježja i opišite pojedine postupke za provjeru vrijednosti obilježja. [1, str. 200-202]
207. Opišite svojstva L-atributne prijevodne gramatike. [1, str. 180-181]
208. Nabrojite i objasnite formalne modele semantičkog analizatora. [1, str. 169-170]
209. Definirajte L-atributnu prijevodnu gramatiku, odnosno navedite sva tri pravila računanja vrijednosti svojstava kod L-atributne prijevodne gramatike. . [1, str. 180-181]
210. Navedite i objasnite tri najčešće primjenjivana formalna modela semantičkog analizatora. [1, str. 169-170]
211. Objasnite sintaksom vođenu semantičku analizu. [1, str. 170-171]
212. Definirajte atributnu prijevodnu gramatiku. [1, str. 173]
213. Opišite algoritam provjere jednakosti tipova obilježja temeljen na provjeri jednakosti strukture obilježja. [1, str. 204-208]
214. Objasnite kako se obrađuju izvedena svojstva izlaznih završnih znakova koji se ne stavljaju na stog. [1, str. 173-176]
215. Navedite i objasnite algoritam ispitivanja jednakosti obilježja konstantnih vrijednosti. [1, str. 203-204]
216. Navedite po dva primjera leksičkih, sintaksnih i semantičkih pravila programskog jezika C ili sličnog jezika.
217. Opišite korake gradnje atributnog generativnog stabla. Definirajte potpuno atributno generativno stablo. [1, str. 178]
218. Objasnite kako se obrađuju svojstva izvorišta koja nemaju dostupne vrijednosti. [1, str. 194]
219. Navedite uvjete pod kojima je atributna prijevodna gramatika ujedno i L-atributna prijevodna gramatika. [1, str. 180-181]
220. Objasnite razliku između izvedenih i nasljednih svojstava. Kako se izvedena i nasljedna svojstva spremaju na stog tijekom parsiranja od vrha prema dnu? [1, str. 173-177]
221. Navedite zadatke semantičkog analizatora. [1, str. 160]

222. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja računa zbroj elemenata polja pozitivnih cijelih brojeva. Polje je zapisano u sljedećem formatu:

$[x_1 \ \$ \ x_2 \ \$ \ x_3 \ \$ \ \dots \ \$ \ x_n]$

U gramatici za brojeve  $x$  koristiti završni znak  $b$ . Proširite gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima koji računaju zbroj elemenata polja tako da sva pravila računanja budu pravila preslikavanja. Polje može biti proizvoljne veličine. [1, str. 177-180] [2]

223. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja parsira parove binarnih brojeva zapisane u obliku

$x_1 \ x_2 \ x_3 \ \dots \ x_n \ \diamond \ y_1 \ y_2 \ y_3 \ \dots \ y_m$   
 $x_i, y_i \in \{0, 1\}$

Simbol  $\diamond$  predstavlja operator zbrajanja koji za neparne bitove oba broja uzima vrijednost 0. Bitovi se broje od najmanje značajnoga prema najznačajnijem, počevši od nule. Na primjer:

$$01010010 \ \diamond \ 1011011011 = 01010000 + 0001010001$$

Proširite izgrađenu gramatiku svojstvima i akcijskim znakovima koji računaju rezultat primjene operatora  $\diamond$  izražen u dekadskom obliku. Brojevi mogu imati proizvoljan broj znamenaka. [1, str. 177-180] [2]

224. Izgradite potisni automat za zadanu atributnu prijevodnu gramatiku. Za sve akcije *Zamijeni* prikazati stanje na stogu neposredno prije i neposredno poslije primjene akcije. [1, str. 184-195] [2]

$$\begin{array}{ll} (1) \ < S > \rightarrow a_p b_q \ < A >_r \ \{X_v\} & v \leftarrow p \times q + r \\ (2) \ < A >_p \rightarrow a_q \ < B >_r & p \leftarrow q + r \\ (3) \ < B >_p \rightarrow c_q & p \leftarrow q \end{array}$$

## 5. Potpora izvođenju ciljnog programa

225. Za svaki od četiri načina prenošenja parametara odredite stanja varijabli *j*, *k* i *l* te polja *i* nakon izvođenja zadanog programskog odsječka. [1, str. 243-252]

```
int i[3]={5,6,7},j=8,k=2,l=0;

divmod(int a,int b,int c,int d)
{
    c=a/b;
    d=a%b;
    l=a%b+1;
}

divmod(i[k],j,k,l);
```

226. Za dani programski odsječak odredite ispis ako se kod poziva potprograma koristi: [1, str. 243-252]
- a) razmjena vrijednosti
  - b) razmjena adresa (kod rekurzivnog poziva šalje se ista adresa koja je primljena kao parametar)
  - c) razmjena imena

```
f(a,b)
{
    ispiši(a,b);
    ako (b>=1)
    {
        b=b-1;
        a=a-1;
        f(b,a);
    }
}

glavni()
{
    cijeli x[3]={1,0,1};
    cijeli y=2;

    f(y,x[y]);
    ispiši(x[0],x[1],x[2],y);
}
```

227. Opišite algoritam gradnje lanca kazaljki nelokalnih imena i vektora dubine gniježđenja kod statičkog pravila djelokruga ugniježđenih procedura. [1, str. 239]

228. Objasnite povezivanje imena izvornog programa i objekata ciljnog programa te relaciju okoline i relaciju stanja. [1, str. 221-222]
229. Ukratko definirajte relaciju okoline i relaciju stanja. [1, str. 221-222]
230. Objasnite načine ostvarenja dinamičkog pravila djelokruga. [1, str. 241-242]
231. Opišite mehanizam povratne razmjene vrijednosti parametara procedura te navedite način ostvarenja. [1, str. 243-252]
232. Navedite i kratko objasnite postupke za određivanje djelokruga deklaracije nelokalnih imena. [1, str. 236-241]
233. Objasnite način ostvarenja statičkog pravila djelokruga nelokalnih imena ugniježđenih procedura. [1, str. 236-241]
234. Navedite osnovne načine razmjene ulazno/izlaznih parametara procedura i što se zapisuje u opisnik pozvane procedure prilikom pojedinog načina razmjene. [1, str. 243-244]
235. Objasnite pojmove djelokrug deklaracije i životni vijek pridruživanja imena. Što se događa sa životnim vijekom pridruživanja imena prilikom rekurzivnih poziva potprograma? [1, str. 233-234]
236. Objasnite djelokrug deklaracije i navedite moguća pravila definiranja djelokruga deklaracija. Pravila nije potrebno objašnjavati. [1, str. 233-234]
237. Objasnite vektor dubine gniježđenja i algoritam njegove izgradnje. [1, str. 239]
238. Za prikazani programski odsječak odredite ispis ako se kod poziva potprograma koristi: (a) razmjena vrijednosti, (b) razmjena adresa, (c) razmjena imena i (d) povratna razmjena vrijednosti. [1, str. 243-252] [2]

```

varijabla x=0, y=3, z=-1;
polje o[3]=10, o[4]=20;
  Racunaj(p, q, r) {
    z = p + x
    q = q + 1
    Ispisi(p, q, r);
    r = z + q
  }
{
  za x = 3 do 4 {
    Racunaj(o[x], o[3+x%2], z);
    Ispisi(x, y, z, o[3], o[4]);
  }
}

```

239. Za zadani program prikažite sadržaj opisnika procedura u trenutku neposredno prije izvođenja naredbe 05 ako se koristi: (a) statičko pravilo djelokruga, (b) dinamičko pravilo djelokruga. U oba slučaja objasnite tijek izvođenja programa i prikažite što će se ispisati kao posljedica naredbe 17. [1, str. 234-242] [2]

```

01 Glavni()
02   int y = 3;
03   def Z(a)

```

```

04     def X(x){
05         vrati x+y;
06     }
07     def Y(y){
08         ako y <= 4 onda
09             vrati Y(5);
10         inače
11             vrati X(y);
12     }
13 {
14     Y(a);
15 }
16 {
17     ispiši Z(y)
18 }

```

240. Za zadani program prikazite sadržaj opisnika procedura u trenutku prije izvođenja naredbe **07** ako se koristi: (a) statičko pravilo djelokruga, (b) dinamičko pravilo djelokruga. [1, str. 234-242] [2]

```

01 Glavni()
02     int y = 3;
03     def Z(a)
04         int r = 5
05         def X(x)
06             {
07                 vrati x+y+1;
08             }
09         def Y(y)
10             {
11                 vrati X(y)+1;
12             }
13     {
14         Y(a);
15     }
16 {
17     ispiši Z(y+1)
18 }

```

241. Prikazite i objasnite izvođenje sljedećeg programa ako se za poziv procedure koristi (a) razmjena vrijednosti, (b) razmjena adresa i (c) razmjena imena [1, str. 243-252] [2]

```

01 varijabla a = 0;
02 polje V = {7, 8}; // V[0]=7, V[1]=8
03 procedura Proc(x, y) {
04     x = y;
05     a = 1;
06     y = a;
07 }
08 { // ovo je glavni program
09     Proc(V[0], V[a]);
10     Ispiši(a, V[0], V[1]);
11 }

```

242. Za zadani program izgradite stablo aktiviranja procedura. [1, str. 228-229] [2]

```
01  Glavni()
02    X(a)
03    {
04        vrati a + 1;
05    }
06    Y(b, c)
07    {
08        vrati c - b/4;
09    }
10
11    Z(d, e)
12    {
13        dok (d <= e)
14        {
15            d = X(d);
16            e = Y(d, e);
17            Z(d, e);
18            if (d == 5)
19            {
20                d = 8;
21                e = 8;
22                dalje;
23            }
24        }
25    }
26  {
27      Z(3, 7)
28  }
```

243. Prikažite razliku između razmjene parametara primjenom mehanizma razmjene adresa i mehanizma razmjene imena na sljedećem programu: [1, str. 243-252] [2]

```
01  var x = 0
02  polje A = {10, 20} // A[0]=10, A[1]=20
03  P(a) {
04      x = 1
05      a = 100
06      Ispisi(A[0], A[1])
07  }
08  {
09      P(A[x])
10  }
```

244. Za zadani program prikažite vrijednosti globalnih i lokalnih varijabli tijekom izvođenja programa. Razmjena parametara procedura ostvaruje se primjenom mehanizma razmjene imena. [1, str. 243-252] [2]

```
01  varijabla x=0, y=3, z=-1;
02  polje o = {0, 0, 0, 10, 20};
```

```
03  Racunaj(p, q, r) {
04      z = p + x;
05      z = (q + 1) % 2 + 3;
06      Ispisi(p, x, r);
07      r = z + q;
08  }
09  {
10      za x = 3 do 4 {
11          Racunaj(o[x], o[3+x%2], z);
12          Ispisi(x, y, z, o[3], o[4]);
13      }
14  }
```



## 6. Generiranje međukoda

245. Navedite i kratko opišite linearne oblike međukôda. [1, str. 257-259]
246. Navedite osnovne razine međukoda i objasnite namjenu svake razine. [1, str. 254-255]
247. Objasnite graf zavisnosti. [1, str. 260-261]
248. Za zadani programski odsječak nacrtajte grafove zavisnosti. Grafove zavisnosti prikažite u ovisnosti o parametru X za sljedeće slučajeve: [1, str. 257-259] [2]
- a)  $X=a$  (jezični pretprocesor zamjenjuje simboličko ime X varijablom a)
  - b)  $X=b$  (jezični pretprocesor zamjenjuje simboličko ime X varijablom b)

```
a = b + 5;
dok ( X == 10 )
    b = X + 3;
X = 20;
```

249. Navedite tri oblika međukoda te objasnite općeniti izgled međukoda svakog oblika. [1, str. 255-261]
250. Za zadani program izgradite graf tijeka izvođenja. [1, str. 257-259] [2]

```
01      Učitaj(x)
02      p := 1.0
03  L1:  t := abs(p*p-x)
04      if t <= 1e-9 goto L2
05      p := avg(p, x/p)
06      goto L1
07  L2:  Ispiši(p)
```

251. Za zadani programski odsječak izgradite graf zavisnosti programa koji pokazuje četiri vrste zavisnosti podataka i zavisnosti upravljačkog tijeka izvođenja programa. [1, str. 257-259] [2]

```
a=3+b; c=d+a;
ako (b<c) {
    b=b+a; d=3/(b+2);
}
inače ako (b=c){
    b=b+a; d=3/(b+2);
}
c = a + d;
```

252. Za prikazani isječak programa nacrtajte graf zavisnosti upravljačkog tijeka i graf zavisnosti podataka. [1, str. 257-259] [2]

```

01  p = 1
02  i = 20;
03  a = i / 4
04  ako(i >= 3)
05  {
06      q = q + i/a;
07      ako(a<10)
08      {
09          a = q*p;
10      }
11      i = i-1;
12  }
13  p = 3 * a;

```

253. Opišite graf zavisnosti programa i navedite sve zavisnosti koje se njime opisuju. [1, str. 257-259]
254. Za zadani isječak programa nacrtajte graf zavisnosti upravljačkog tijeka i graf zavisnosti podataka. [1, str. 257-259] [2]

```

a=b+c;
c=a;
ako (b>c)
{
    c=b;
    a=b+a;
}
inače
{
    n=m+a;
    m=n+a;
}
n=b+a;

```

255. Za prikazani isječak programa nacrtajte graf zavisnosti upravljačkog tijeka i graf zavisnosti podataka. [1, str. 257-259] [2]

```

p = 1
i = 20;
a = i / 4
dok(i >= 3)
{
    q = q + i/a;
    if(a<10)
    {
        a = q*p;
    }
    i = i-1;
}
p = 3 * a;

```

256. Za dani program nacrtajte graf zavisnosti kako za upravljački tijek, tako i za sve vrste zavisnosti podataka.[1, str. 257-259] [2]

```

b:=b*3;
a:=b+d;
ako a<143 tada
    c:=a%8;
    a:=a/8;
d:=b+d;

```

257. Navedite tri oblika međukoda. [1, str. 255]

258. Za zadani program izgradite graf tijeka izvođenja. [1, str. 257-259] [2]

```

01      Input(n)
02      Input(p)
03      a0 := 2
04      if n <= 5 goto L1
05      if p > 5 goto L2
06  L1: a1 := a0 + 3
07      a2 := a1 + p
08      a3 := a1 * n
09      goto Z
10  L2: a2 := 3 * 3
11      Output (a3)
12      p := p + 1
13      goto L1
14  Z:  nop

```

259. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja generira troadresne naredbe za računanje aritmetičkih izraza koji sadrže operatore + i \*. U izrazima je dopušteno korištenje zagrada. [1, str. 178-180] [2]

260. Na temelju zadane gramatike izgradite atributnu prijevodnu gramatiku za generiranje troadresnih naredbi koje ostvaruju programe napisane u jeziku zadane gramatike. [1, str. 178-180]

```

<S> → <N> <S> | ε
<N> → <Assign> | <If> | <While>
<If> → if <Exp> then <N> else <N> end
<While> → while <Exp> do <N> end
<Assign> → idn '=' <Exp> ';'
<Exp> → <Exp> ∧ <Exp>
<Exp> → <Exp> ∨ <Exp>
<Exp> → idn

```

261. Izgradite atributnu prijevodnu gramatiku koja generira troadresne naredbe za računanje logičkih izraza koji sadrže operator ∧, ∨ i ¬. [1, str. 178-180]

## 7. Generiranje ciljnog programa

262. Napišite tablice generatora ciljnog programa koji kao ulaz koristi sintaksno stablo čije čvorove čine četiri matematičke operacije (zbrajanje, oduzimanje, množenje i dijeljenje). Ciljno računalo posjeduje samo jedan registar. Nacrtajte sintaksno stablo za izraz  $(a/b + (c+d) * (e-f)) * (g-h/i)$  i navedite redoslijed kojim generator obilazi čvorove. [1, str. 281-284]
263. Objasnite generiranje ciljnog programa na temelju postfiksno sustava oznaka. [1, str. 279-280]
264. Opišite postupak izrade adresa naredbama. [1, str. 268]
265. Općenito definirajte (ne na primjeru) ulaze i izlaze iz programa semantičkog analizatora i generatora ciljnog programa ako su oba programa ostvareni kao zasebni prolazi jezičnog procesora.
266. Opišite Chaitinov heuristički postupak za bojanje grafa zavisnosti simboličkih i stvarnih registara. [1, str. 273]
267. Opišite algoritam generiranja ciljnog programa na osnovi troadresnih naredbi. [1, str. 276-279]
268. Navedite elemente strukture generatora ciljnog programa. [1, str. 265]
269. Objasnite kako se dobiva i boji graf zavisnosti simboličkih i stvarnih registara te kako se dodjeljuju stvarni registri. [1, str. 269-273]
270. Za zadani isječak programa odredite izlaz generatora ciljnog programa za Motorolinu seriju procesora 68000. Na raspolaganju su 3 registra (**D0**, **D1** i **D2**), varijablu **k** nije moguće pohraniti u registre **D0** i **D1**, a memorija se ne smije koristiti. Pretpostavite da se varijabla **n** koristi u nastavku programa. Ne zahtijeva se uporaba algoritma bojanja grafova.

```
i=0;  
j=3;  
k=i+j;  
m=k*2;  
i=m-5;  
j=4*j;  
n=j-i;  
k=m+i;
```

271. Za dani isječak izvornog programa generirajte postfiksni sustav oznaka i pritom definirati korištene operatore grananja. Na temelju dobivenog postfiksno sustava oznaka, prikazite sadržaj stoga tijekom generiranja ciljnog programa za neki od Motorolinih mikroprocesora. [1, str. 256-257, 279-280]

```
dok (i>j)  
{  
    ako (i>k)  
        k=i+j-m;
```

```

    inače
        i=j-4;
}

```

272. Za zadanu gramatiku napišite tablice generatora ciljnog programa koji kao ulaz koristi sintaksno stablo. Ciljni program je strojni jezik ili za Motoroline ili za Intelove procesore. Operator + označava zbrajanje, a unarni operator ! označava logičko invertiranje vrijednosti prema sljedećem pravilu zapisanom u C notaciji:  $!x = (x \neq 0) ? 0 : 1$ . [1, str. 281-283]

```

<Naredba> → <Varijabla> = <Izraz>
<Izraz> → <Izraz> + <Izraz>
<Izraz> → ! ( <Izraz> )
<Izraz> → <Varijabla>
<Varijabla> → a | b | c | d | e

```

273. Prikažite tablicu upravljanja za operaciju množenja za generiranje ciljnog programa na osnovi sažetog sintaksnog stabla ako generator raspolaže samo jednim registrom R. [1, str. 281-283]
274. Na temelju naredbe izvornog programa  $(a+b*c)/(f*g-(d+e)/(h+k))$  nacrtajte sažeto sintaksno stablo i na temelju njega tablično prikažite generiranje ciljnog programa. [1, str. 261-262, 281-284]
275. Na temelju naredbe izvornog programa  $a+b*c$  nacrtajte sažeto sintaksno stablo i na temelju njega tablično prikažite generiranje ciljnog programa. [1, str. 261-262, 281-284]
276. Na temelju naredbe izvornog programa  $(a+b*c)/(f-g-h)$  nacrtajte sažeto sintaksno stablo i na temelju njega tablično prikažite generiranje ciljnog programa. [1, str. 261-262, 281-284]
277. Objasnite algoritam generiranja ciljnog programa na temelju troadresnih naredbi. Prikažite postupak generiranja troadresnih naredbi za sljedeće naredbe izvornog programa: [1, str. 262-263, 276-279] [2]

```

p = (a + b/c) + (d/e)-(d+e) × e
r = (p × c) + (d × e × 4)-(d+e) × e

```

278. Za zadani programski odsječak primijenite algoritam bojanja grafova kako biste ostvarili pridruživanje registara D0-D5. [1, str. 269-273]

```

ako (j > 3) {
    j := 23;
    i := 11;
    m := j + 5;
} inače {
    i := 17;
    j := m + 5;
    ako (k < 4) {
        k := i + 8;
        m := j { 3;
    } inače ako (k == 5) {
        k := i;
        i := 19;
        m := i + k * i;
    } inače {

```

```
        m := 1;
    }
}
i := 4 + 3+m;
```

## 8. Priprema izvođenja ciljnog programa

279. Navedite razradbu jezičnih procesora s obzirom na stupanj pripremljenosti ciljnog programa za izvođenje. [1, str. 286]

## 9. Optimiranje

- 280. Opišite što se nastoji utvrditi analizom toka podataka. [1, str. 301-302]
- 281. Objasnite razliku između strojno nezavisnog i strojno zavisnog optimiranja. [1, str. 294]
- 282. Nabrojite komponente koje čine analizu izvođenja programa. [1, str. 297]
- 283. Opišite postupak optimiranja petlji kod međukoda niže razine i ciljnog programa. [1, str. 311-312]
- 284. Opišite analizu tijeka izvođenja programa. [1, str. 298-301]
- 285. Nabrojite i kratko opišite postupke optimiranja međukoda srednje razine. [1, str. 316-317]



# Bibliografija

- [1] Siniša Srbljić: *Prevođenje programskih jezika*, Element, 2007.
- [2] Daniel Skrobo, Ivan Žužak, Miroslav Popović: *Prevođenje programskih jezika - auditorne vježbe*, ZEMRIS, 2007.