



**Vilniaus
universitetas**

Informatikos ir informatinio mąstymo mokomoji veikla

Baigtiniai automatai – tai įdomu ir paprasta

Mokyklos pedagogika



Kuriame
Lietuvos ateitį
2014–2020 metų
Europos Sąjungos
fondų investicijų
veiksmų programa



**Vilnius
universitetas**

Informatikos ir informatinio mąstymo mokomosios veiklos sukurtos įgyvendinant projektą „Aukštųjų mokyklų tinklo optimizavimas ir studijų kokybės gerinimas Šiaulių universitetą prijungiant prie Vilniaus universiteto“ (Nr. 09.3.1-ESFA-V-738-03-0001), finansuojamą iš Europos socialinio fondo lėšų pagal 2014–2020 metų Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 9 prioriteto „Visuomenės švietimas ir žmogiškųjų išteklių potencialo didinimas“ įgyvendinimo priemonę Nr. 09.3.1-ESFA-V-738 „Aukštųjų mokyklų tinklo tobulinimas“.

Metodinė medžiaga „Baigtiniai automatai – tai įdomu ir paprasta“ skirta pedagogikos studijų programos moduliui „Informatikos didaktika“. Tikslinė grupė – būsimi informatikos pagrindinio ar vidurinio ugdymo mokytojai. Medžiaga siejasi su Bendrojo ugdymo informatikos programa, ypač algoritmų ir programavimo pasiekimų sritimi vyresnėse klasėse. Atlikdami veikloje numatytas užduotis mokiniai išsiaiškina, kas yra automatai, kaip jie taikomi realaus gyvenimo situacijose, kaip jie veikia. Baigtinius automatus ypač tinka taikyti integruotam ugdymui, pavyzdžiui, mokantis kalbų sintaksės ar konstruojant įvairius būsenomis grįstus prietaisus.

Šioje informatikos ir informatinio mąstymo veikloje dalis medžiagos panaudota iš tarptautinio informatikos mokymo tinklo „Informatika be kompiuterio“ (*Computer Science Unplugged: csunplugged.org*), kurio visi ištekliai pateikiami taikant *Creative Commons* licenciją.

Šios veiklos rengėjai: dr. Eglė Jasutė ir prof. dr. Valentina Dagienė

Visoms iliustracijoms yra taikoma *Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0)*

Redagavo: Viktoras Dagys

Vilnius, 2022

Įvadas

Automatas, išvertus iš graikų kalbos, reiškia „savaeigis“, atliekantis veiksmus savarankiškai. Tai informacijos pertvarkymo įrenginys (ar įrenginių visuma), kuris pagal įėjimo signalus ir atmintyje saugomą informaciją kuria atitinkamus signalus ir, keisdamas savo atminties informaciją, pateikia rezultatą (išėjimo signalą). Abstraktusis automatas – tai matematinis modelis, pagal būsenų aibes gali būti baigtinis ir begalinis; šiuos automatus tiria automatų teorija.

Automatų teorija grindžiama tiksliais matematinėmis sąvokomis, kuriomis aprašomos intuityvios idėjas apie automato veikimą (elgesį) ir struktūrą. Iš tikrųjų automatu aprašomi veiksmai, kaip iš įvedimo sekų (pradinės būsenos) gauti išvedimo sekas (galutinę būseną arba rezultatą). Automatikų teorijoje naudojamos įvairios matematikos šakos: matematinė logika, algebra, tikimybių teorija, kombinatorika, ypač – grafų teorija.

Remiantis abstrakčiu automatu – modeliu, gaminami įvairūs realūs automatai, kurie žmogui tiesiogiai nedalyvaujant pagal programą atlieka energijos, medžiagų ar informacijos gavimo, keitimo, perdavimo, panaudojimo bei paskirstymo veiksmus. Kai kurie automatai ne tik vykdo programą, bet ir prisitaiko prie kintančių aplinkos sąlygų. Pačius paprasčiausius automatus, veikiančius pagal griežtai nustatytą ir nekeičiamą programą bei galinčius atlikti paprastai vieną operaciją, sudaro elektromagnetinės ir elektroninės relės, stiprintuvai bei fotoelementai. Sudėtingesnius automatus, galinčius pasirinktinai atlikti keletą operacijų, sudaro loginiai elementai, lyginimo grandinės, paprasčiausia kelių dešimčių bitų talpos atmintis bei skaitmeniniai keitikliai. Sudėtingi automatai paprastai turi mikroprocesorių ar mikrokompiuterį, signalų keitiklį, valdymo pultą, monitorių, nuotolinio valdymo kontrolės įrenginį. Dažniausiai tiriami ir praktiškai naudojami baigtiniai automatai.

Baigtinis automatas – matematinė abstrakcija, nusakanti kurios nors sistemos būsenų kaitą, priklausomai nuo ankstesnės būsenos ir įėjimo signalų. Būsenų ir galimų įėjimo signalų skaičius turi būti baigtinis, iš to kilęs ir pavadinimas.

Esama įvairių baigtinių automatų atmainų. Pavyzdžiui, kompiuterių projektavimui naudojami baigtiniai automatai turi kelis išėjimus. Pagal išėjimų formavimo mechanizmą skiriami Muro ir Milio automatai. Muro automatų išėjimo reikšmė priklauso tik nuo prieš tai buvusios jo būsenos, Milio automato – ir nuo įėjimo signalo reikšmės.

Baigtiniai automatai ypač gerai tinka tiriant tiek natūralias, tiek dirbtines (pavyzdžiui, programavimo) kalbas. Formalių kalbų analizei ir generavimui skirti baigtiniai automatai neturi išėjimų, bet turi galines būsenas. Jei po baigtinės įėjimų signalų sekos (vadinamos

žodžiu) automatas patenka į vieną iš galinių būsenų, sakoma, kad automatas priima šį žodį ir šis žodis priklauso automato generuojamai kalbai.

Baigtiniai automatai dažnai vaizduojami grafais ar jiems giminingomis diagramomis. Baigtinio automato būsenos vaizduojamos grafo viršūnėmis, o perėjimai tarp jų – lankais.

Pagal paskirtį automatai skirstomi į technologinius, pavyzdžiui, automatinės staklės, energetinius, pavyzdžiui, elektros mašinų automatiniai prietaisai, prekybinius, pavyzdžiui, maisto gaminių automatai, buitinius, pavyzdžiui, skalbimo mašinos, transporto, pavyzdžiui, automatinis dispečeris ar automatinis lakūnas, karinius, pavyzdžiui, automatiniai ginklai, taip pat daugybę informacijos apdorojimo automatų.

Automatai su neribota atmintimi yra Tiuringo mašina, galinti atlikti (potencialiai) bet kokią efektyvią informacijos transformaciją. „Tiuringo mašinos“ sąvoka atsirado anksčiau nei „baigtinės būsenos mašina“ ir daugiausia tiriama algoritmų teorijoje. Apie Tiuringo mašiną galima paskaityti „Vikipedijoje“, deja, tik anglų kalba pateikta pakankamai išsami informacija: https://en.wikipedia.org/wiki/Turing_machine

Paieškokite ir aptarkite. Suraskite šaltinių apie Tiuringo mašiną, pasiaiškinkite jos veikimą, sužinokite, kada ji buvo sukurta, kur naudojama. Savo surinktą informaciją sudėkite į skaidres ir pasidalinkite su kolegomis. Aptarkite, ką svarbaus radote, išsiaiškinate.

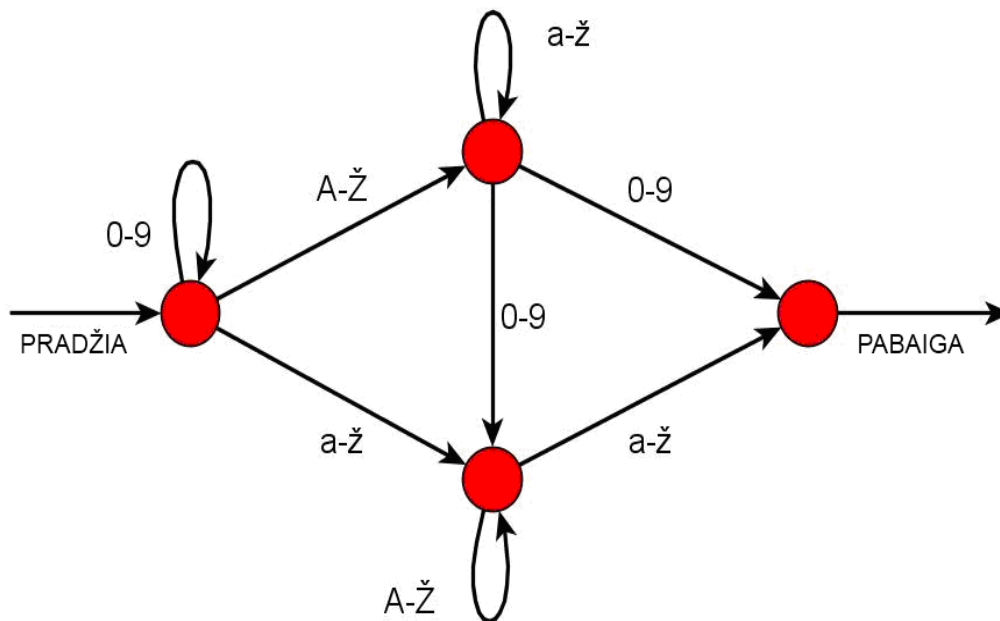
O dabar – paprasto baigtinio automato pavyzdys, paimtas iš „Bebro“ konkurso. Išnagrinėkite, išspręskite ir aptarkite.

Užduotis. Slaptažodžio kūrimas taikant baigtinį automatą.

Mokyklos kompiuterių klasėje reikia nustatyti naujus slaptažodžius. Leidžiama naudoti:

- Didžiosios raidės: A–Ž reiškia bet kurią didžiąją lietuvių abėcėlės raidę.
- Mažiosios raidės: a–ž reiškia bet kurią mažąją lietuvių abėcėlės raidę.
- Skaitmenis: 0–9 reiškia bet kurį skaitmenį.

Kiekvienas slaptažodis sudaromas pagal taisyklę, kurios nusakomos schema – baigtiniu automatu.



Kilpa reiškia kartojimą (nuo nulio iki kiek norima kartų). Linija nurodo, kad raidė arba skaitmuo turi būti pavartota vieną ir tik vieną kartą.

Aptarkite. Ar patogu kurti slaptažodžius pagal baigtinį automatą? Ar šiuo automatu ribojamas slaptažodžio ilgis? Paaiškinkite. Ar slaptažodis gali baigtis didžiąja raide?

Papildoma užduotis. Kaip reikėtų papildyti baigtinį automatą, kad slaptažodis visada baigtųsi vienu iš skyrybos ženklų?

1 Praktinė baigtinio automato veikla „Lobio ieškojimas“

Kompiuterių programos apdoroja įvairių dokumentų arba kitų programų tekstų sekas, sudarytas, pavyzdžiui, iš raidžių arba žodžių. Informatikos mokslininkai šiuo tikslu naudoja baigtinį automatą, kuris atlieka komandas ir patikrina, ar kompiuteris atpažįsta žodžių ar simbolių eilutes.

Pasitelkdami lobių žemėlapius, susipažinsime su baigtinio automato darbu.

Reikia šių priemonių:

- ✓ Salų kortelių rinkinio.
- ✓ Salų kortelė perlenkiama per lenkimo liniją taip, kad vienoje pusėje būtų sala su pavadinimu, o kitoje – komandos. (Komandų neturi matyti mokiniai, braižantys maršrutus žemėlapyje!)
- ✓ Darbo lapo „Maršrutai iki lobio Hyjumos saloje“
- ✓ Rašymo priemonės

Sudėtingesnėms papildomoms veiklos reikia:

- ✓ Darbo lapo „Lobio slėpimas“
- ✓ Darbo lapo „Paslaptingas monetos žaidimas“

Viskas pateikta toliau. Reikia išsispausdinti, žaisti, galvoti, aptarti.

Žemėlapis sudarymas lobiui ieškoti

Tikslas – surasti lobių salą Baltijos jūroje. Baltijos jūros piratai plaukioja laivais tarp salų pastoviais maršrutais. Norėdami pralobti piratai siūlo keliones turistams. Iš kiekvienos salos išplaukia du jū laivai – A ir B. Turistai gali pasirinkti, kuriuo laivu plaukti. Į kiekvieną salą galima nuvykti arba laivu A, arba laivu B, bet ne abiem. Saloje yra žmogus, kuris pasako, į kurią salą toliau plauks laivas. Tačiau piratai yra mažaraščiai, be to, neturi visų salų žemėlapis, todėl turistams duotame žemėlapyje reikia pažymėti maršrutą ir laivą, kuriuo galima keliauti toliau.

Užduotis. Reikia surasti ir sudaryti geriausią maršrutą į salą, kurioje paslėptas lobis.

Pavyzdys. Pradžioje aptarkime labai paprastą pavyzdį, kad geriau suprastumėme, kaip žaisti.

Nupiešiame salų žemėlapij, kaip parodyta paveiksle (veiksmus reikės demonstruoti visiems mokiniams, todėl patartina žemėlapij rodyti ekrane arba nupiešti lentoje).

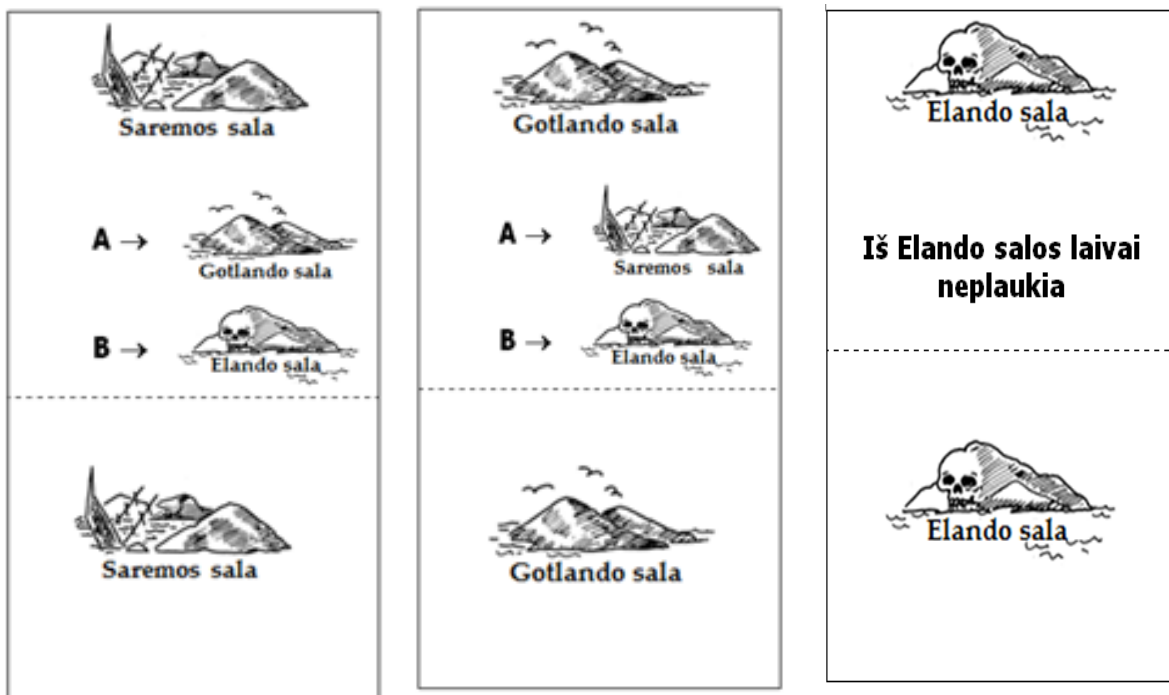
Trijų salų žemėlapis



Atspausdinamos trys demonstravimo kortelės.

Pakviečiami trys mokiniai, kurių kiekvienam duodama salos kortelė ir instrukcija.

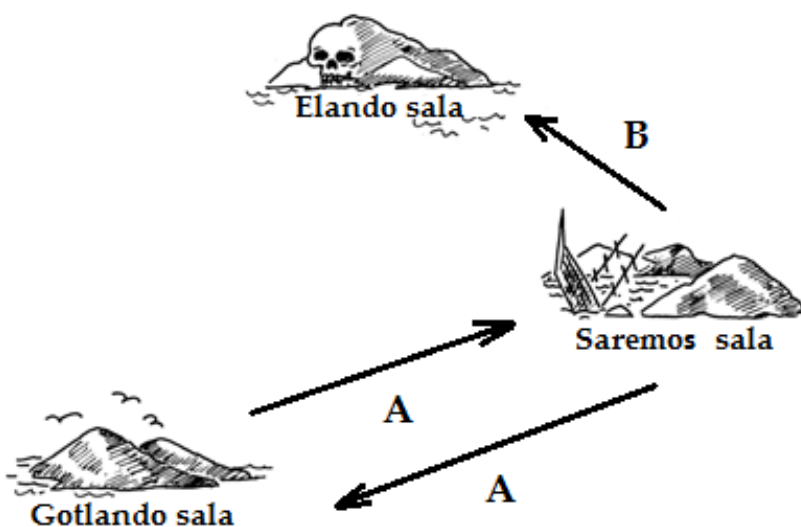
Įspėjama, kad tikroje veikloje, kurią mokiniai atliks vėliau, bus naudojamos kitų maršrutų kortelės.



Kelionė pradedama Saremos saloje. Pasirenkamas laivas A. Mokiniai gali nukreipti laivą į Gotlando salą. Pažymimas maršrutas žemėlapyje.

Gotlando saloje vėl pasirenkamas laivas A. Grįžtama į Saremos salą. Lentoje pažymima kelionė. Dabar pasirenkamas laivas B. Šis laivas plaukia į Elando salą, deja, čia patenkama į aklavietę.

Galutinis maršrutas atrodo taip:



Demonstravimo kortelės, parengtos spausdinti (didesnės)



A →



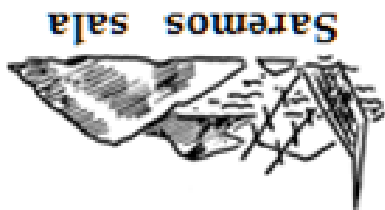
A →



B →



B →



Demonstravimo kortelės



Iš Elando salos laivai
neplaukia



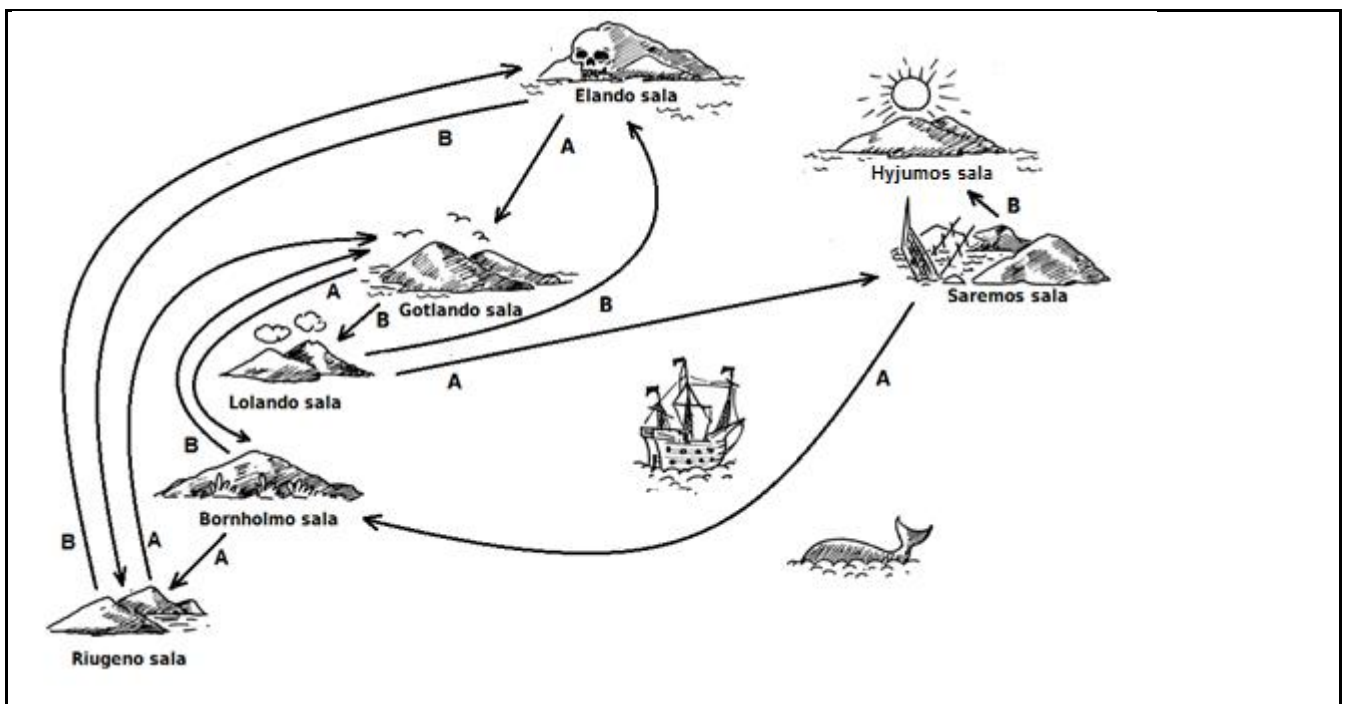
Maršruto į lobio salą paieška

Prenkami 7 mokiniai, kurie vaizduos salas. Kiekvienas mokinys laiko savo salos kortelę, kurios kitoje pusėje užrašytos slaptos instrukcijos. Salas vaizduojantys mokiniai atsistoja kas sau aikštelėje ar kambaryje. Likusieji mokiniai vaizduos turistus. Kiekvienam iš jų duodamas salų žemėlapis, kuriame reikia nubraižyti maršrutą iš **Gotlando salos** į **Hyjumos salą**. Pastarojoje saloje paslėptas lobis.

Kol salas vaizduojantys mokiniai renkasi korteles ir sustoja į vietas, „turistus“ geriausia išsiųsti už durų.

Jei kuris iš „turistų“ greitai nubraižo maršrutą, pasiūlykite rasti daugiau maršrutų iki lobio salos.

Visi galimi maršrutai pavaizduoti paveiksle:



Diskusija

Koks yra trumpiausias maršrutas iki lobio? Koks galėtų būti ilgiausias maršrutas iki lobio?

Kai kuriuose maršrutuose gali būti ciklų. Pateikite maršrutų su ciklais pavyzdžių, aptarkite juos. (Pavyzdžiui, ir maršrutu BBBABAB, ir maršrutu BBBABBABAB pasiekama Hyjumos sala.)

1 darbo lapas. Maršrutai iki lobio Hjjumos saloje



Hjjumos sala



Saremos sala



Elando sala



Gotlando sala



Lolando sala



Bornholmo sala



Riugeno sala

Salų kortelės su instrukcijomis (1 iš 4)



Bornholmo sala

A →



Riugeno sala

B →



Gotlando sala

Bornholmo sala



Riugeno sala

A →



Gotlando sala

B →











Elando sala

Riugeno sala



Salų kortelės su instrukcijomis (2 iš 4)

 <p>Gotlando sala</p>	 <p>Bornholmo sala</p>
A →	
B →	 <p>Lolando sala</p>
<hr/>	
 <p>Gotlando sala</p>	

 <p>Elando sala</p>	 <p>Gotlando sala</p>
A →	
B →	 <p>Riugeno sala</p>
<hr/>	
 <p>Elando sala</p>	

Salų kortelės su instrukcijomis (3 iš 4)



Lolando sala

A →



B →



Lolando sala



Saremos sala

A →



B →



Saremos sala



Salų kortelės su instrukcijomis (4 iš 4)

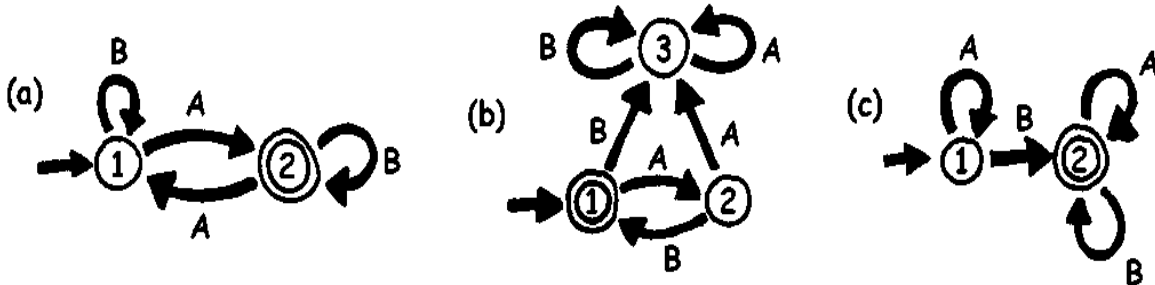


Sveikiname!
Pasiekėte lobio
salą.



Daugiau baigtinio automato pavyzdžių

Galima nubraižyti įvairių žemėlapių, nuo labai paprastų iki sudėtingų. Pateikiame keletą:



Šiose schemose salos vaizduojamos apskritimais ir žymimos skaičiais, galutinis tikslas (lobio sala) vaizduojamas dvigubu apskritimu.

Panagrinėkite. Išrašykite, kuriais maršrutais galima nuplaukti į lobio salą. Ar yra maršrutų, kuriais negalima pasiekti lobio salos?

Patarimai

A baigtiniame automate kelionė bus baigta tik tada, jei maršrute bus nelyginis laivų A skaičius. Pavyzdžiui: AB, BABAA ar AAABABA.

B baigtiniame automata pasiekti lobio salą galima tik nuosekliai kaitaliojant laivus A ir B. Pavyzdžiui: AB, ABAB, ABABAB, ...

C baigtiniame automata pasiekti lobio salą galima tik tokiais maršrutais, kuriuose būtų bent vienas laivas B. Netinkamų maršrutų pavyzdžiai: A, AA, AAA, AAAA, ...

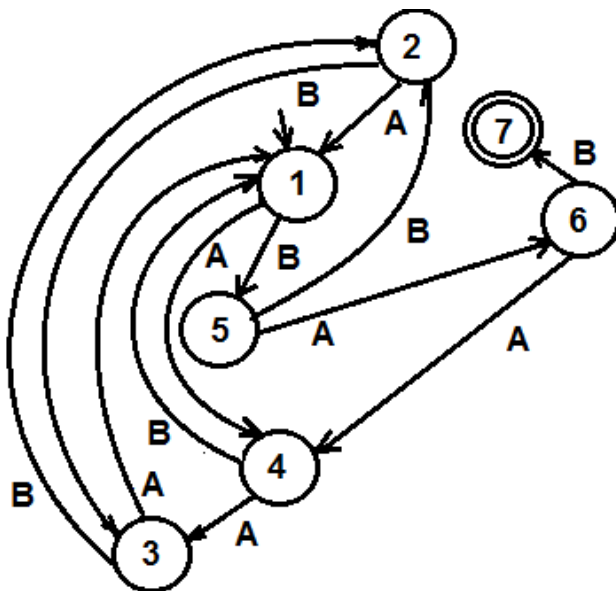
2 darbo lapas. Lobio slėpimas

Sudėtingesnė veikla su baigtiniu automatu galima, kai turime daugiau salų (būsenų) ir galima sudaryti daugiau maršrutų.

Ar galėtumėte labai gerai paslėpti lobį? Kur geriausia paslėpti lobį, kad būtų sunku jį rasti?

Pateikiame sudėtingesnių užduočių. Gerai išnagrinėkite ir apgalvokite, kurio amžiaus mokiniams siūlytumėte, gal ką modifikuotumėte ar pridėtumėte papildomų reikalavimų.

Ankstesnės veiklos lobio paieškos žemėlapis pavaizduotas baigtiniu automatu, kaip tai įprasta daryti informatikoje. Įėjimas (pradžia) žymima skaičiumi 1, o išėjimas (pabaiga) – dvigubu apskritimu.



1 užduotis. Nupieškite savo salų žemėlapius naudodami baigtinio automato žymėjimus. Sudarykite salų korteles su savo instrukcijomis. Koks trumpiausias maršrutas, kuriuo pasiekiamas jūsų paslėptas lobis?

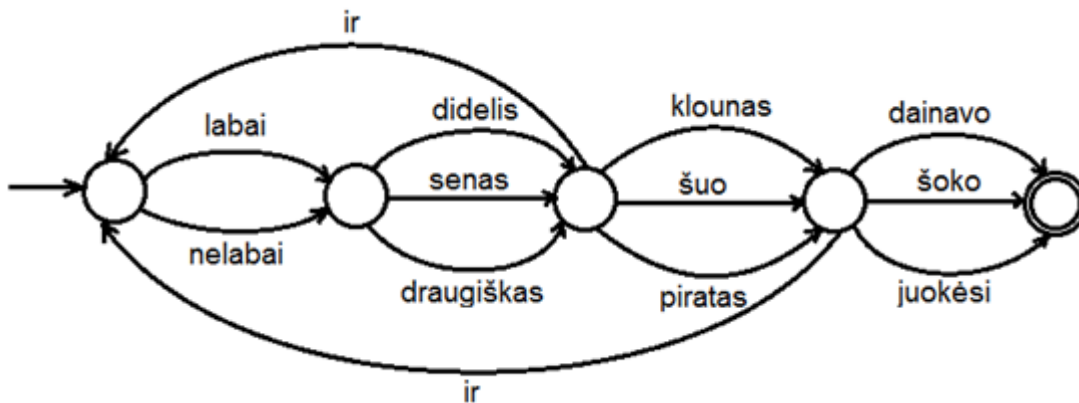
2 užduotis. Išbandykite savo salų žemėlapi ir korteles su draugais. Duokite jiems A ir B sekas ir pažiūrėkite, ar jie suras paslėptą lobį.

3 užduotis. Pasiūlykite kitokių žaidimų, kurie iliustruotų baigtinio automato idėją.

2 veikla. Baigtinio automato taikymas sakiniams sudaryti

Baigtinis automatas labai tinka sudaryti žodžiams, sekoms, sakiniams.

Toliau paveiksle pavaizduota, kaip sudaryti sakinius taikant baigtinį automatą. Sakiniai sudaromi renkantis leidžiamus kelius schemoje ir užrašant kelyje pasitaikančius žodžius.



Užduotis. Pateikite sakinių, sudarytų pagal šį baigtinį automatą. Ar visi sudaryti sakinių pavyzdžiai tinka semantiškai? Prisiminkite, kas yra sintaksė ir semantika, paaiškinkite pavyzdžiais.

Dabar patys nubraižykite tokį baigtinį automatą sakiniams sudaryti. Tikriausiai net linksmų istorijų galėtumėte sukurti!

3 veikla. Paslaptinas žaidimas

Draugai atsisiuntė žaidimą iš interneto. Žaidime robotas meta monetą ir reikia spėti, kuria puse – herbu ar skaičiumi – ji atsivers. Iš pradžių žaidimas pasirodė labai lengvas. Tikimybė laimėti yra 0,5. Bent jau taip manė draugai. Po kurio laiko draugai pradėjo abejoti. Jie pastebėjo, kad moneta metama pagal tam tikrą taisyklę. Ar žaidime yra kokia apgaulė? Tikriausiai ne! Jie nusprendė tai išsiaiškinti. Vienas iš jų surašė metimų rezultatus. Štai jo sąrašas (H – herbas, S – skaičius):

HSHHSHHHSSHHHHSSHSSSHHHHHSHHHSSSHHHSSSHHHHHHSSHSSSSSHSSHSSSH
HHSSHHHSHHHHHHHHHSSHHHSSSSHHHHHSSSSSSS

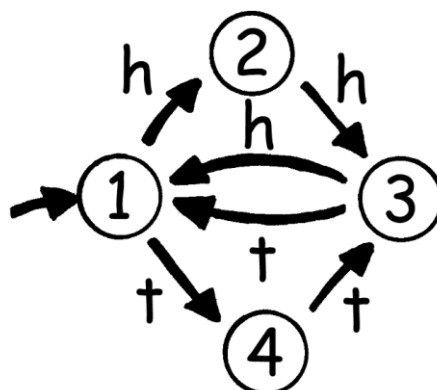
Užduotis. Ar galėtumėte nuspėti, pagal kokią taisyklę metamos monetos?

Galima nubraižyti baigtinį automatą, pagal kurį gaunama atitinkama metamos monetos atsivertimų seka.

Užuomina: joje yra tik 4 būsenos („salos“)!

Paslaptingo žaidimo sprendimas

Jei moneta metama remiantis baigtiniu automatu, tai jos metimas nėra atsitiktinis. Paslaptinas žaidimas vyksta pagal štai tokį baigtinį automatą:



Apie ką visa tai?

Informatikoje baigtinis automatas padeda sugeneruoti ženklų ar įvykių sekas.

Vienas iš baigtinio automato pavyzdžių yra informacijos skambučiai. Kai skambinama informacijos numeriu, iš pradžių atsiliepia įrašas: „Jei norite ..., spauskite 1, jei norite ..., spauskite 2, jei norite ..., spauskite 3“ ir t. t. Telefono mygtuko paspaudimas yra baigtinio automato kitame telefono linijos gale įvestis. Šis dialogas gali būti labai paprastas arba labai sudėtingas. Kartais galima patekti į baigtinio automato ciklą. Jei taip atsitinka, sistema parodo klaidą, o tai gali nuvilti skambintoją.

Kitas pavyzdys yra bankomatas. Bankomato programa pateikia seką įvykių, iš kurių vartotojas pasirenka reikiamą. Programoje yra visos įmanomos įvykių galimybės kaip baigtinio automato būsenos. Kiekvieno klavišo paspaudimas perkelia į kitą būseną. Kai kurios būsenos pateikia instrukcijas kompiuteriui, pavyzdžiui, „išduoti 100 Eur“, „spausdinti sąskaitą“ arba „grąžinti kortelę“.

Kai kurie kompiuteriai naudoja schemas, kurios padeda sudaryti anglų kalbos sakinius. Jie gali ir generuoti sakinius, ir vykdyti tai, ką vartotojas įveda. 1960 m. parašyta programa „Eliza“ (pavadinta Elizos Dolittle garbei), kuri gali bendrauti su žmogumi. Programa primena bendravimą su psichoterapeutu, nes vartoja tokias frazes, kaip „papasakokite apie savo šeimą“ ir „prašom tęsti“. Žinoma, ji nieko nesupranta, tačiau yra gana įtaigi. Kai kurie ją išbandę žmonės galvojo, kad kalba su psichoterapeutu.

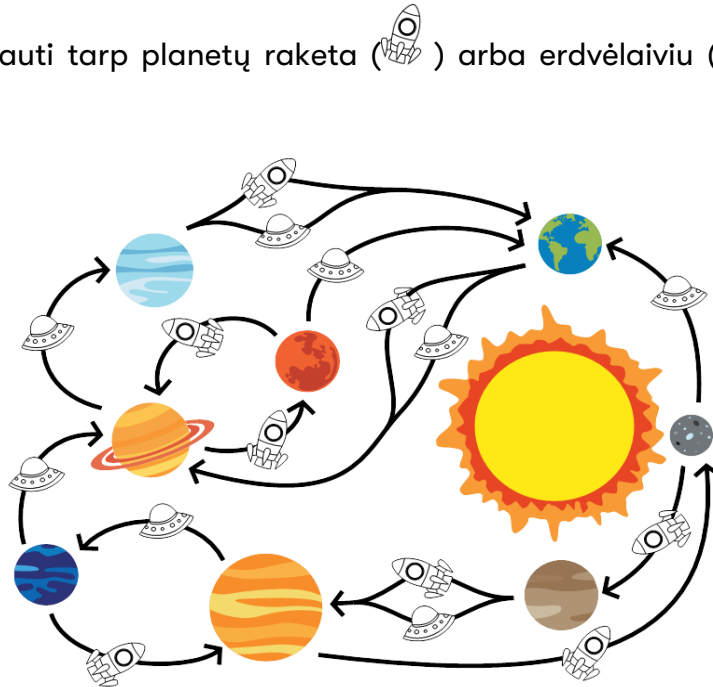
Nors kompiuteriai nesupranta natūralios žmogaus kalbos, tačiau jie lengvai gali apdoroti dirbtines kalbas. Viena iš svarbiausių dirbtinių kalbų grupių yra programavimo kalbos. Naudodamas baigtinį automatą kompiuteris skaito programas ir verčia jas į elementarias instrukcijas, kurias pats gali tiesiogiai vykdyti.



3 veikla. „Bebro“ uždavinys „Kelionės kosmose“

„Bebro“ konkurse kasmet būna po keletas uždavinių, naudojančių baigtinio automato idėjas. Pateiksime vieną jų, panagrinėkite ir aptarkite.

Astronautai gali keliauti tarp planetų raketa (🚀) arba erdvėlaiviu (🛸), kaip parodyta žemėlapyje žemiau:



Pavyzdžiui, astronautas yra Veneroje (🌋) ir nori nuvykti į Saturną (♃). Jis gali pirmiausiai raketa nuvykti į Jupiterį (♃). Tada erdvėlaiviu keliauti į Neptūną (♆) ir galiausiai erdvėlaiviu pasiekti savo kelionės tikslą. Astronautai šį kelionės maršrutą pavaizduoja taip:



Astronautas Tinas yra Neptūne (♆) ir nori grįžti namo į Žemę (🌍). Kosmoso kelionių agentūra pateikė šiuos kelionių maršruto pasiūlymus:

- A) 🛸 🛸 🚀
- B) 🚀 🛸 🚀 🛸
- C) 🚀 🛸 🛸 🛸 🚀
- D) 🚀 🚀 🛸

Kuriuo iš pateiktų maršrutų Tinui nepavyktų grįžti į Žemę?

Pagalvokite. Kaip spręsite šį uždavinį? Kaip ir ką aiškinsite mokiniam? Kaip šis kosmoso žemėlapis siejasi su baigtiniu automatu?

(Atsakymas: B).

Jei Tinas pasirinktų šį maršrutą, galiausiai jis vėl grįžtų į Neptūną. Pirmiausiai nuskristų raketa į Marsą, tada erdvėlaiviu į Neptūną, tada dar kartą raketa į Marsą ir galiausiai atgal į Neptūną erdvėlaiviu.

Paaiškinimas

Užduotis remiasi kompiuterinių sistemų principu, kuris paaiškina, kas slepiasi po bankomatais ir kavos aparatais, ir kaip kompiuteriai vykdo komandų sekas. Informatikoje tai vadinama deterministiniais baigtiniais automatais. Kosmoso žemėlapis šioje užduotyje yra tokio baigtinio automato pavyzdys.

Deterministiniai baigtiniai automatai turi:

- įvesties abėcėlę (mūsų atveju, raketa ir erdvėlaivis);
- baigtinį būsenų skaičių (planetas);
- pradinę būseną (kur astronautas pradeda kelionę);
- galutinių būsenų rinkinį (kur astronautas turėtų baigti kelionę; mūsų atveju – Žemė);
- perėjimus nuo vienos būsenos prie kitos (mūsų atveju galimi skrydžiai tarp dviejų planetų).

Baigtiniai automatai priima abėcėlės ženklų seką tik tokiu atveju, jei ji veda iš pradinės būsenos į galutinę. Pavyzdžiui, baigtinis automatas gali modeliuoti programinę įrangą, kuri nusprendžia, ar vartotojo įvesti duomenys (pvz., el. pašto adresas) yra tinkami.

Šaltiniai

1. Baigtinis automatas (Enciklopedija Lietuvai ir pasauliui).
https://lietuvai.lt/wiki/Baigtinis_automatas
2. Baigtinis automatas (Vikipedija).
https://en.wikipedia.org/wiki/Finite-state_machine
3. Finite State machine (Kids.Net.Au).
http://encyclopedia.kids.net.au/page/fi/Finite_state_automaton
4. Apie baigtinius automatus yra vaizdo įrašų „YouTube“, pavyzdžiui,
<https://www.youtube.com/watch?v=y28CcwJ2CZY>
5. Basics of Automata Theory (Automata Theory).
<https://cs.stanford.edu/people/eroberts/courses/soco/projects/2004-05/automata-theory/basics.html>