

Algoritmavimo uždavinių sprendimo metodų bei sudėtingumo analizė Lietuvos informatikos olimpiadose

Valentina DAGIENĖ, Jūratė SKŪPIENĖ (MII)

el. paštas: dagiene@ktl.mii.lt, jurate@ktl.mii.lt

1. Įvadas

Informatikos olimpiadų judėjimas pasaulyje prasidėjo UNESCO iniciatyva. Nuo 1989 metų kasmet vyksta Pasaulinės moksleivių informatikos olimpiados. Lietuvoje informatikos olimpiados pradėtos rengti 1990 metais ir vyksta kasmet, sukurta olimpiadų organizavimo ir dalykinė sistema, nuolatos rengiama medžiaga, apibendrinami pasiekimai [2, 4].

Informatikos olimpiadų populiarumas auga – tai rodo didėjantis valstybių skaičius pasaulinėse olimpiadose (artėjama prie 100). Norint geriau pasiruošti pasaulinėms olimpiadoms, imtos organizuoti ir įvairios regioninės olimpiados (Afrikos, Balkanų, Baltijos, Centrinės Europos ir pan.). Nacionalinės olimpiados atspindi kiekvienos valstybės informatikos mokymo tradicijas ir yra labai skirtingos, regioninės olimpiados dažniausiai yra miniatiūrinis pasaulinių olimpiadų modelis, leidžiantis dalyviams pajusti, kas jų laukia pasaulinėje olimpiadoje.

Moksleiviai, norintys dalyvauti informatikos olimpiadose, turi būti įgiję tam tikrą pasirengimą. Iš dalies tai susiję su mokyklų programomis [1, 3]. Tačiau tik iš dalies, nes programavimui bendrojo lavinimo mokykloje mažai teskiriama dėmesio, o jei ir skiriama, tai paprastai baigiamosiose klasėse, kai nebesėjama pasiręngti olimpiadoms.

Užduočių tematika, vertinimo būdas, techninė ir programinė įranga sudaro visumą, išreiškiančią olimpiados esmę. Svarbūs yra reikalavimai uždaviniams, jų formuluotėms, sprendimų pateikimui.

Ypatingai daug diskusijų sukelia sprendimų vertinimas. Objektiviai įvertinti sunkesnio uždavinio sprendimą analizuojant programos tekstą nėra lengva. Todėl pasirinktas automatinis testavimo būdas (Lietuvos olimpiadose – nuo 1995 m.). Jis nuolat tobulinamas – kito nuo paprasčiausių veiksmų automatizavimo iki išsitos tinklinės sistemos panaudojimo. Nacionalinėse olimpiadose automatinis testavimo būdas derinamas su vizualių programų vertinimu, kreipiamas dėmesys į algoritmo esmę, programavimo stilių bei kultūrą [5, 6]. Šitaip siekiama tolesnių mokymo tikslų.

Šiame straipsnyje nagrinėsime tik vieną dalykinės pusės aspektą: uždavinių pasiskirstymą pagal jų sprendimo metodus ir jų sudėtingumą. Analizę suskaidysime uždavinių sudėtingumo atžvilgiu ir palyginsime, kaip vienos dalies uždaviniai siejasi su kitos dalies uždaviniais.

Baigiamojo etapo vyresniųjų grupės uždaviniai parenkami orientuojantis į tarptautinių olimpiadų sudėtingumą ir tematiką. Čia norima ne tik išaiškinti stipriausius moksleivius, bet ir geriausiai pasiruošusius atstovauti Lietuvą tarptautinėse informatikos olimpiadose.

2. Lietuvos informatikos olimpiadų uždavinių analizė

Lietuvos informatikos olimpiada vyksta trimis etapais: I ir II (mokyklinis ir rajoninis) bei III (nacionalinis). Taip pat yra dvi amžiaus grupės: jaunesniųjų (iki 9 kl.) ir vyresniųjų (10–12 kl.). Visų uždavinių formuluotes ir sprendimus galima rasti [4, 7].

2.1. I ir II etapai

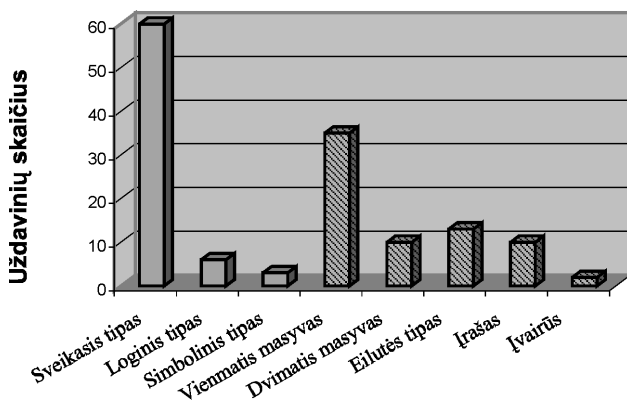
Iš viso 1990–2003 metais pirmame ir antrame etape buvo pateikti 138 uždaviniai. Pagrindinis dėmesys buvo kreipiamas duomenų tipams ir struktūroms: parinkti tinkamas, aprašyti, efektyviai panaudoti. Todėl uždavinius klasifikuosime pagal uždavinio sprendimui reikalingą sudėtingiausių duomenų tipą.

Išnagrinėjus visus uždavinius gauta, kad paprastieji ir struktūriniai duomenų tipai po lygiai pasiskirsto pirmųjų etapų uždaviniuose: 70 ir 68. Išsamesnė analizė pateikta 1 pav.

Galima teigti, kad uždavinių su loginiais duomenų tipais mažoka ir jų skaičių reikėtų ateityje didinti. Nedidelį uždavinių su simboliniu duomenų tipų skaičių kompensuoja uždaviniai su eilutėmis.

Tarp struktūrinių tipų nėra aibės ir rodyklės tipų. Rodyklės tipas šiems etapams yra per sunkus ir sąmoningai nededama uždavinių, kuriuose jo reikėtų. Aibės tipas iš vienos pusės, matyt, liko šiek tiek pamirštas, iš kitos pusės jis nėra itin svarbus šio etapo algoritmovimo uždaviniams (1 pav.).

Įdomu pažvelgti į uždavinius pagal pagal jų sprendimo metodus. Daugiausiai yra uždavinių iš skaičių teorijos: vien natūraliųjų skaičių uždaviniai sudaro 21 proc., sekos – 7 proc., kombinatiniai bei kiti matematiniai uždaviniai – atitinkamai 4 ir 6 proc. Perrinkimas, rekursija ir grįžimo metodai reikalingi sprendžiant 13 proc. uždavinių, rikiavimas ir



1 pav. Uždavinių pasiskirstymas pagal duomenų tipus I ir II etapuose.

įterpimas – 11 proc. Tolesnės grupės nedidelės, tačiau jų buvimas rodo, kad tam skiriamas dėmesys: kompiuterinė geometrija (6%), teksto apdorojimas ir analizė (6%), datos ir laiko apdorojimas (5%), matematinė logika (4%), optimizavimas (3%), perpildymas (2%), lygiagretusis programavimas (2%), grafų teorija (1%), lošimai (1%). Tas pats uždavinys gali priklausyti ir kelioms temoms. Be to ne visi uždaviniai pakliūna į šias temas (tokių yra apie 8%).

Sprendžiant uždavinius su natūraliaisiais skaičiais reikia išmanyti paprasčiausius sveikųjų skaičių algoritmus (Euklido algoritmą, pirminių skaičių paiešką ir pan.) bei atlikti įvairius veiksmus su sveikaisiais skaičiais (rasti skaičiaus skaitmenų skaičių, nustatyti, ar skaičius yra palindromas, perrašyti į kitas skaičiavimo sistemas).

Perrinkimo uždaviniams būdingas visų galimų sprendinių paieška. Tai nesunkiai programuojami uždaviniai, kuriuos dažnai galima išspręsti ir nesinaudojant rekursija.

Rikiavimo uždaviniams spręsti reikalinga iš anksto žinoti algoritmą. Visų kitų tipų uždaviniams išspręsti užtenka išmanyti programavimo pradmenis, be abejo, dar prireikia mokyklinių matematikos žinių.

Atskirą grupę sudaro uždaviniai su sekomis. Tai įvairūs uždaviniai, kai, pavyzdžiui, reikia rasti n -tąjį sekos narį, suskaičiuoti, kiek kartų sekoje keičiamas ženklas, invertuoti dalį sekos ir pan. Šie uždaviniai priklauso labai lengvų uždavinių kategorijai ir paprastai sprendžiant uždavinį nereikia išiminti sekos (t.y. nereikia masyvo).

Kompiuterinės geometrijos uždaviniams užtenka paprasčiausių geometrijos žinių ir nebūtinės gilesnės kompiuterinės geometrijos žinios.

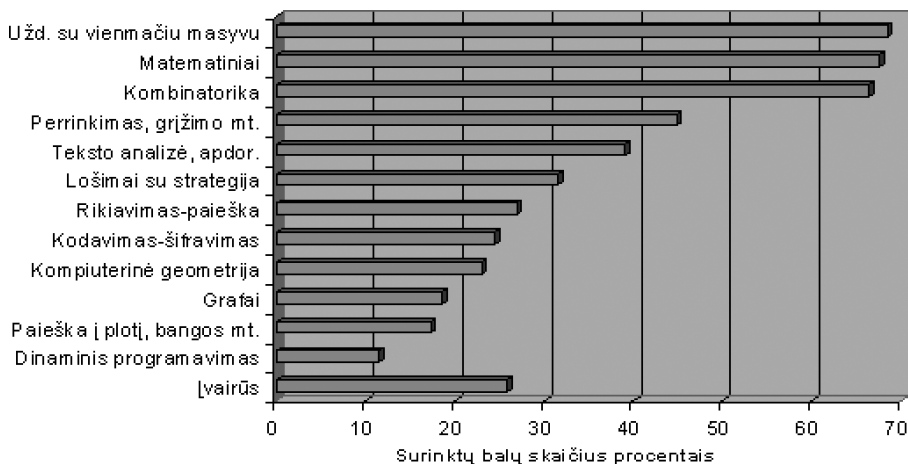
Pirmuose etapuose būna nemažai teorinių uždavinių, ypač pastaraisiais metais. Šie uždaviniai leidžia supažindinti su naujomis temomis: lygiagretusis programavimas, kodavimas, uždaviniai su grafais. Iš šių temų nebūtų lengva sukurti gerus algoritmų rašymo uždavinius pirmiesiems etapams.

2.2. III etapo jaunesniųjų grupė

Trečiojo etapo jaunesniųjų grupės uždavinius galima laikyti kaip perėjimą nuo lengvų (I–II etapo užduočių) prie vyresniųjų grupės, kur uždaviniai pagal sunkumą jau panašūs į tarptautinių olimpiadų uždavinius.

Jaunesniųjų grupė buvo įvesta 8-joje olimpiadoje (1996 m.). Per tą laiką trečiame etape buvo pateikti 53 uždaviniai. Pasiskirstymas pagal uždavinių sprendimo metodus: perrinkimas, rekursija ir grįžimo metodas (10%), matematiniai uždaviniai (10%), grafų teorija (10%), paieška į plotį grafe ir bangos metodas (8%), teksto apdorojimas ir analizė (5%), rikiavimas ir paieška (5%), lošimai (5%), kombinatorika (5%), kodavimas ir šifravimas (5%), dinaminis programavimas (5%), uždaviniai su vienmačiu masyvu (3%), kompiuterinė geometrija (3%), įvairūs (26%).

Palyginę su I–II etapo temas galime pastebėti, kad beveik nebėra lengvų temų, (pavyzdžiui, uždavinių su datomis arba su natūraliaisiais skaičiais), smarkiai sumažėjo rikiavimo uždavinių. Iš kitos pusės atsirado uždavinių, kurie reikalauja žinoti tam tikrus algoritmus, t. y. moksleivis ateidamas į olimpiadą jau turi turėti tam tikrą algoritmavimo žinių.



2 pav. Uždavinių vertinimo balais pasiskirstymas.

Uždavinių pasiskirstymas (iš vienos temos esama ne daugiau kaip 6 uždaviniai) rodo, kad yra gana daug skirtingų temų ir išskyrus kelias svarbiausias temas tarsi nėra iš anksto žinomo temų sąrašo, iš kurio reiktų tikėtis uždavinių. Atsiranda naujų uždavinių tipų, pavyzdžiui, interaktyvūs uždaviniai, kur moksleivio parašyta programa turi dirbti su programų biblioteka ir tolesnius veiksmus atlikti priklausomai nuo to, kokius duomenis pateiks standartinės procedūros.

Vis tik daugiausia uždavinių susiję su grafais. Šie uždaviniai dažniausiai nereikalauja jokių rimtesnių grafų algoritmų, o tik apdoroti pačias elementariausias situacijas.

Palyginę su I–II etapų uždaviniais, matome, kad padaugėjo lošimų, turinčių strategijas. Tai tradiciniai dviejų asmenų stalo žaidimai (su degtukais, kauliuku ir pan.), kuriems egzistuoja išlošiama strategija. Tereikia atrasti tą strategiją ir uždavinys išspręstas.

Paveikslėlyje pateikta diagrama, kurioje nurodytos temos ir už jos uždavinių gautų balų vidurkis (2 pav.).

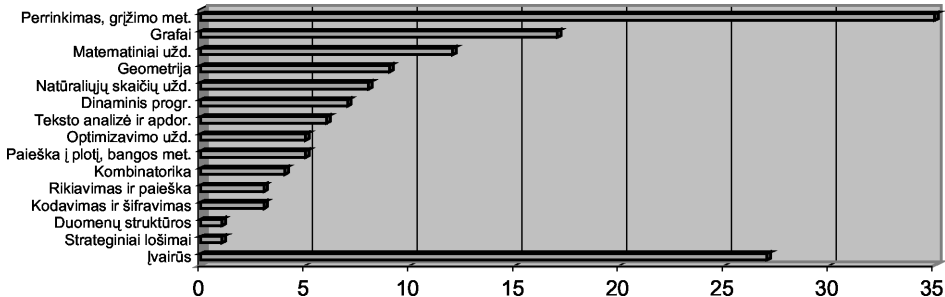
Pirmas pastebėjimas – balai nėra dideli. Balų vidurkis už visus uždavinius lygus 34,3.

Antras pastebėjimas: už temas, kurios pagal lygį atitinka I–II etapą (visada stengiamasi į uždavinių komplektą įtraukti vieną kitą lengvesnį uždavinį), balai yra gerokai aukštesni.

2.3. III etapo vyresniųjų grupė

Nors vyresniųjų grupė atsirado 1996 m., tačiau ankstesnių olimpiadų trečiojo etapo uždaviniai pagal sudėtingumą ir tematiką prilygsta šios grupės uždaviniams ir buvo čia įtraukti. Iš viso per 1990–2003 m. laikotarpį buvo pateikti 88 uždaviniai.

Žiūrint į pavadinimus atrodo, lyg ir vyresniųjų grupės uždavinių sprendimo metodai mažai pasikeitė palyginus su jaunesniųjų grupe. Tačiau iš tikrųjų uždaviniai tapo daug sudėtingesni ir jiems išspręsti reikia specialaus pasiruošimo: susipažinti su kiekvienos temos teorine medžiaga, algoritmais, išanalizuoti keletą sprendimų. Ne vienam uždaviniui išspręsti jau reikia žinoti gana sudėtingų algoritmų ir dažnai būna neakivaizdu, koki



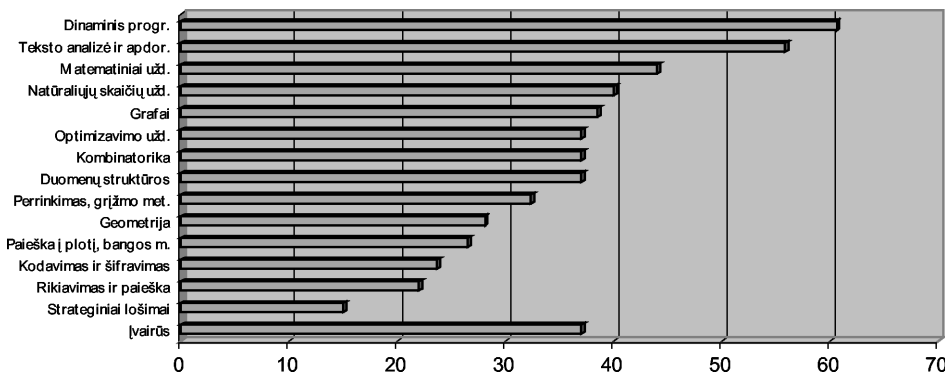
3 pav. Uždavinių pasiskirstymas pagal sprendimo metodus (1990–2003).

algoritmą ir kaip taikyti. Šiame etape dominuoja perrinkimo bei grafų uždaviniai. Pasutiniuosiose olimpiadose perrinkimo uždavinių skaičius sumažėjo, o pateiktiems tokio tipo uždaviniams prašoma rasti euristinį sprendimą. Tarptautinėse informatikos olimpiadose daug uždavinių su grafais, taigi šio tipo uždavinių skaičius Lietuvos informatikos olimpiadose galėtų netgi didėti.

Toliau apžvelgsime pasiskirstymą (4 pav.). Daugiausia balų surinkta už dinaminio programavimo uždavinius. Tai netikėtas rezultatas: šie uždaviniai yra nelengvi. Galima pastebėti, kad dalį uždavinių sudaro vienmačiai dinaminio programavimo uždaviniai, kurie yra lengvesni. Tačiau šią tendenciją vertėtų paanalizuoti giliau.

Trys tolesnės temos, už kurias dalyviai surenka daugiausiai balų, yra gana suprantamos: tekstų apdorojimo, matematiniai bei natūraliųjų skaičių uždaviniai nėra sunkūs, jiems nelabai reikia specialių metodų.

Grafai – beveik dažniausiai pasitaikanti tema tarptautinėse olimpiadose, be to grafų teorijos pagrindų mokoma ir Jaunųjų programuotojų mokykloje. Taigi vykdami į olimpiados finalą moksleiviai tikisi tokių uždavinių ir jiems ruošiasi.



4 pav. Uždavinių pasiskirstymas pagal dalyvių gautus balus.

3. Išvados

Atsižvelgiant į straipsnyje pateiktą analizę, būtų naudinga pakoreguoti iš uždavinių sudarymą pagal jų parengimo metodus, tolygiau juos paskirstyti. Moksleivių rezultatai (balų pasiskirstymas) parodo, kur didžiausią dėmesį reikia atkreipti ruošiant moksleivius varžyboms.

I ir II etape uždaviniai patikrina dalyvių gebėjimą naudoti duomenų tipus ir struktūras. Uždavinių įvairovė čia pakankamai didelė. Jokių algoritmų (išskyrus rikiavimo) žinoti nebūtina.

III etapo jaunesnių grupės dalyviams reikia žinoti vieną kitą algoritmą, tačiau dažniausiai pakanka gerų programavimo įgūdžių. Vyresniųjų grupėje be specialaus (būrelyje ar savarankiškai) pasiruošimo sėkmingai dalyvauti beveik neįmanoma ir mokykloje gautamų žinių neabejotinai neužtenka.

Literatūra

- [1] V. Dagienė, J. Blonskis, Programavimo mokymas išplėstiniame informatikos kurse, *Liet. matem. rink.*, **42** (spec. nr.), 229–234 (2002).
- [2] V. Dagienė, Moksleivių informatikos olimpiados: tikslai ir organizavimo principai. *Fizikos, matematikos ir informatikos mokymas reformuojamoje mokykloje*, 13–17 (1997).
- [3] V. Dagienė, Programming-based solution of problems in informatics Curricula, in: *Communications and Networking in Education: Learning in a Networked Society*, IFIP WG 3.1 and 3.5. Aulanko, Hämeenlinna, Finland, June 13–18 (1999), pp. 88–94 .
- [4] V. Dagienė, J. Skūpienė, *Moksleivių informatikos olimpiadų uždaviniai*, I ir II dalys, TEV, Vilnius (1999, 2001).
- [5] G. Grigas, Informatikos olimpiadų darbų analizė programavimo stiliaus požiūriu, in: *Kompiuterininkų dienos '95*, Žara, Vilnius (1995), pp. 157–159.
- [6] G. Grigas, Investigation of the relationship between program correctness and programming style, *Informatica*, **6**(3), 265–276 (1995).
- [7] *Lietuvos moksleivių informatikos olimpiados*.
<http://aldona.mii.lt/pms/olimp>

Analysis of solving methods and complexity of algorithmics problems in Lithuania and Baltic Olympiads

V. Dagienė, J. Skūpienė

Lithuanian Olympiads in Informatics are being organized since 1990. Each Olympiad consists of three rounds. The final (national) one is divided into two parts, there are also elder and younger divisions. Each year there are supplied a lot of tasks. The paper deals with algorithmic problems of all the Lithuanian olympiads of school students and all the rounds from the point of view of their methods of solution and complexity (from the student's point of view).

This kind of analysis will be useful for systematic developing of teaching programming and for the selecting problem set for the national Olympiads in the future.