PRZYGODY BAJTAZARA

25 LAT OLIMPIADY INFORMATYCZNEJ

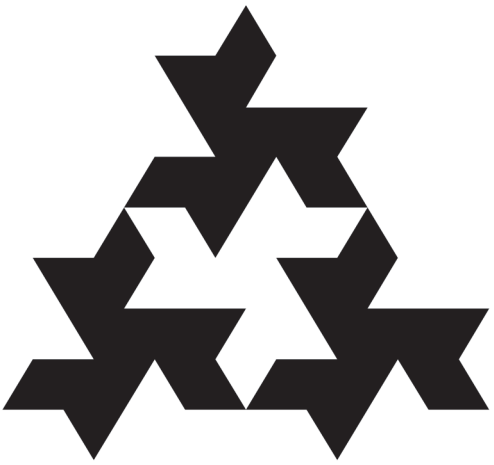
WYBÓR ZADAŃ

PRZYGODY BAJTAZARA

PRZYGODY BAJTAZARA

25 LAT OLIMPIADY INFORMATYCZNEJ

WYBÓR ZADAŃ



PWN

Autorzy zadań i opisów rozwiązań
Szymon Acedański, Piotr Chrząstowski, Marek Cygan, Krzysztof Diks, Wojciech Guzicki, Tomasz Idziaszek, Marcin Jurdziński, Łukasz Kowalik, Marcin Kubica, Krzysztof Loryś, Jakub Łącki, Paweł Mechliński, Jan Kanty Milczek, Jakub Pachocki, Michał Pilipczuk, Wojciech Plandowski, Karol Pokorski, Adam Polak, Jakub Radoszewski, Wojciech Rytter, Marek Sokołowski, Tomasz Syposz, Maciej M. Sysło, Wojciech Śmietanka, Tomasz Śmigielski, Bartosz Tarnawski, Jacek Tomasiewicz, Andrzej Walat, Bartosz Walczak, Tomasz Waleń, Jakub Wojtaszczyk

Autorzy artykułów tematycznych
Tomasz Idziaszek, Jakub Radoszewski, Marek Sommer

Redakcja i skład Krzysztof Diks, Tomasz Idziaszek, Jakub Łącki, Jakub Radoszewski

Projekt okładki Hubert Zacharski

Wydawca Edyta Kawala

Redaktor prowadzący Jolanta Kowalczuk

Korekta Danuta Kamińska-Hass

Koordynator produkcji Anna Bączkowska

Copyright © by Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2018
Copyright © by Olimpiada Informatyczna, Warszawa 2018

ISBN 978-83-01-19822-0 (oprawa miękka)
ISBN 978-83-01-19854-1 (oprawa twarda)

Wydanie I
Warszawa 2018

Wydawnictwo Naukowe PWN SA
02-460 Warszawa, ul. Gottlieba Daimlera 2
tel. 22 69 54 321, faks 22 69 54 288
infolinia 801 33 33 88
e-mail: pwn@pwn.com.pl, www.pwn.pl

Druk i oprawa Wrocławska Drukarnia Naukowa PAN Sp. z o.o.

Spis treści

25 lat Olimpiady Informatycznej ··· 9
Edycje Olimpiady Informatycznej ··· 13
Sukcesy w olimpiadach międzynarodowych ··· 13
Źródła sukcesów Olimpiady Informatycznej ··· 19
O zadaniach ··· 21
O książce ··· 21

O redaktorach ··· 24

Zadania – część pierwsza

Rozgrzewka
Lizak ··· 29
Minusy ··· 33
Trójkąty jednobarwne ··· 38
Liczby antypierwsze ··· 40

Koszt zamortyzowany
Krążki ··· 45
Gdzie zbudować browar? ··· 51

Stos
Plakatowanie ··· 55
Tetris Attack ··· 63

Przeszukiwanie grafów
Równanie na słowach ··· 68
Jedynki i zera ··· 72
Agenci ··· 76

Algorytmy zachłanne
Szeregowanie czynności ··· 80
Rozkład Fibonacciego ··· 86

Programowanie dynamiczne I
Rezerwacja sal wykładowych ··· 93
Różnica ··· 97
Zająknięcia ··· 102

Drzewa
Dostawca pizzy ··· 109
Łuk triumfalny ··· 117
Wielokąt ··· 122

Algorytmy grafowe I
Odległość ··· 127
Zawody ··· 132
Dziuple ··· 137
Żabka ··· 143

Zadania – część druga

Drzewa przedziałowe
Kurierzy ··· 157
Kopalnia złota ··· 165
Klocki ··· 170
Meteory ··· 181
Wilcze doły ··· 185

Algorytmy grafowe II
Przedsięwzięcie ··· 189
Hazard ··· 196
Drogi zmiennokierunkowe ··· 201

Zadania na bibliotekę
Kolekcjoner Bajtemonów ··· 205
Gdzie jest jedynka? ··· 210
Architekci ··· 215

Meet in the middle
Szyfr ··· 224
Panele słoneczne ··· 230

Algorytmy tekstowe
Korale ··· 234
Okresy słów ··· 238
Palindromy ··· 242

Programowanie dynamiczne II
Kupno gruntu ··· 248
Szatnia ··· 256
Zapiekanki ··· 262

Algorytmy grafowe III
Autostrady ··· 270
Magazynier ··· 276
Gońcy ··· 280
Kości ··· 286

Inne
Pionek ··· 294
Lunatyk ··· 304
Gra ··· 309
Pionki ··· 315

Techniki algorytmiczne i struktury danych

Drzewo przedziałowe ··· 325
Struktury dla uporządkowanego multizbioru ··· 325
Drzewo przedziałowe typu punkt–przedział ··· 335
Drzewo przedziałowe typu przedział–punkt ··· 340
Drzewo przedziałowe typu przedział–przedział ··· 344
Co dalej? ··· 348

Kolejka minimów ··· 349
Implementacja kolejki ··· 349
Kolejka dla dowolnej operacji łącznej ··· 352

Haszowanie napisów i słownik podsłów bazowych ··· 354
Słownik podsłów bazowych ··· 354
Haszowanie napisów ··· 356
Zastosowania ··· 357
Jak dobierać parametry w haszowaniu? ··· 360

Drzewo palindromów ··· 365
Opis drzewa ··· 365
Konstrukcja drzewa palindromów ··· 366
Zastosowania ··· 369
Rozwiązanie zadania *Palindromy* ··· 369

Kolejne tematy ··· 375

Bibliografia ··· 383

Indeks zadań ··· 384

25 lat Olimpiady Informatycznej

Olimpiada Informatyczna narodziła się w roku szkolnym 1993/1994 jako najmłodsza olimpiada przedmiotowa w Polsce w obszarze nauk ścisłych i przyrodniczych. Celem Olimpiady jest umożliwianie uczniom uzdolnionym informatycznie uczestnictwa w szlachetnej rywalizacji na wiedzę i umiejętności z rówieśnikami z całego kraju oraz wyłanianie najlepszych z nich, którzy później mierzą się z najlepszymi młodymi informatykami z całego świata. Uczestnicy Olimpiady muszą wykazać się umiejętnościami analizowania problemów obliczeniowych, układania wydajnych algorytmów i implementowania ich w językach programowania wysokiego poziomu, doboru stosownych struktur danych, testowania programów, pracy w środowisku programistycznym. Po prostu muszą działać tak, jak zawodowi informatycy.

Olimpiada Informatyczna to realizacja marzeń naukowców, edukatorów i popularyzatorów informatyki, którzy weszli w skład pierwszego Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej utworzonego na mocy *Aktu powołania Olimpiady Informatycznej* z dnia 10 grudnia 1993 roku, podpisanego przez ówczesnego dyrektora Instytutu Informatyki na Uniwersytecie Wrocławskim, profesora Macieja M. Sysłę. Siedzibą Olimpiady Informatycznej do dziś jest Ośrodek Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów (OEIiZK) w Warszawie. W składzie pierwszego Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej znaleźli się:

prof. dr hab. inż. Jacek Błażewicz	Politechnika Poznańska
prof. dr hab. Jan Madey	Uniwersytet Warszawski
prof. dr hab. Andrzej W. Mostowski	Uniwersytet Gdański
prof. dr hab. Wojciech Rytter	Uniwersytet Warszawski
prof. dr hab. Maciej M. Sysło	Uniwersytet Wrocławski
dr hab. inż. Stanisław Waligórski	Uniwersytet Warszawski
dr Piotr Chrząstowski-Wachtel	Uniwersytet Warszawski
dr Andrzej Walat	OEIiZK
dr Bolesław Wojdyło	Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
mgr Jerzy Dałek	Ministerstwo Edukacji Narodowej
mgr Krzysztof J. Święcicki	Ministerstwo Edukacji Narodowej
Tadeusz Kuran	OEIiZK
mgr Krystyna Kominek	II LO im. Stefana Batorego w Warszawie

Pierwszym przewodniczącym Komitetu Głównego został dr hab. inż. Stanisław Waligórski, sekretarzem naukowym – dr Andrzej Walat, a kierownikiem organizacyjnym – Tadeusz Kuran, który pełni tę funkcję do dziś (obecnie ma ona nazwę koordynatora Olimpiady). Funkcję sekretarza Komitetu objęła mgr Krystyna Kominek. Skład Komitetu odzwierciedlał zaangażowanie wielu podmiotów – najlepszych uczelni informatycznych w kraju, Ministerstwa Edukacji Narodowej, środowiska nauczycielskiego – w działania na rzecz edukacji informatycznej polskiej młodzieży. W późniejszym okresie do tego grona dołączyły też polskie firmy informatyczne. Ścisła współpraca najlepszych uczelni informatycznych, edukatorów informatyki i firm informatycznych lub tych działających na rzecz rozwoju informatyki jest charakterystyczna dla działań Olimpiady Informatycznej także i dzisiaj.

Twórcy Olimpiady Informatycznej opracowali standardy przeprowadzania zawodów Olimpiady, które w swoich podstawach obowiązują do dziś. W przyjętym regulaminie określono następujące cele Olimpiady Informatycznej:

(1) Stwarzanie motywacji do zainteresowania nauczycieli i uczniów nowymi metodami informatyki.

(2) Rozszerzanie współdziałania między nauczycielami akademickimi i nauczycielami szkół w kształceniu młodzieży uzdolnionej.

(3) Stymulowanie aktywności poznawczej młodzieży informatycznie uzdolnionej.

(4) Kształtowanie umiejętności samodzielnego zdobywania oraz rozszerzania wiedzy informatycznej.

(5) Stwarzanie młodzieży możliwości szlachetnego współzawodnictwa w rozwijaniu swoich uzdolnień, a nauczycielom – warunków twórczej pracy z młodzieżą.

(6) Wyłanianie reprezentacji Rzeczypospolitej Polskiej na Międzynarodową Olimpiadę Informatyczną.

Przez 25 lat Olimpiady Informatycznej skład Komitetu Głównego zmieniał się w sposób, który pozwalał na zachowanie ciągłości pracy i doskonalenie działań Olimpiady. Komitet przede wszystkim otwierał się na byłych olimpijczyków, których doświadczenia ze startu w Olimpiadzie przyczyniały się do doskonalenia jej organizacji i ciągłego podnoszenia poziomu merytorycznego. W tabeli na następnej stronie zawarto wykaz wszystkich osób biorących udział w pracach Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej na przestrzeni ostatnich 25 lat. Dla każdej osoby podano edycje Olimpiady oraz ewentualną funkcję pełnioną w Komitecie; tytuły i stopnie naukowe są aktualne, ale afiliacje podano na dzień przystąpienia do Komitetu.

Olimpiada Informatyczna to konkurs trzyetapowy. W każdym etapie uczniowie dostają pewną liczbę zadań do rozwiązania. Każde zadanie to krótka historyjka opisująca ukryty problem algorytmiczny. Rozwiązaniem zadania jest zazwyczaj algorytm zapisany w postaci programu w wybranym przez zawodnika języku programowania. Poprawnie kompilujące się programy są następnie uruchamiane na nieznanych dla zawodników testach przygotowanych przez organizatorów. Testy są tak dobrane, żeby wykrywały programy niepoprawne i różnicowały rozwiązania o różnej złożoności obliczeniowej, szczególnie złożoności czasowej – złożoność pamięciowa jest wymuszana przez podane explicite ograniczenia na wielkość wykorzystywanej przez program pamięci. W Olimpiadzie liczba punktów otrzymana za zadanie zależy od jakości zaproponowanego algorytmu i jego implementacji.

Członkowie Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej w latach 1993/1994–2017/2018

mgr Szymon Acedański (Uniwersytet Warszawski) ..... XV–XXV
kierownik techniczny w edycjach XVI–XXIII
prof. dr hab. inż. Jacek Błażewicz (Politechnika Poznańska) ..... I–III
dr Piotr Chrząstowski-Wachtel (Uniwersytet Warszawski) ..... I–V, XIII–XXV
dr inż. Wojciech Complak (Politechnika Poznańska) ..... II–III
prof. dr hab. inż. Zbigniew Czech (Politechnika Śląska) ..... VII–XXV
mgr Jerzy Dałek (Ministerstwo Edukacji Narodowej) ..... I–XII
prof. dr hab. Krzysztof Diks (Uniwersytet Warszawski) ..... II–XXV
z-ca przewodniczącego w edycjach IV–VI, przewodniczący w edycjach VII–XXV
prof. dr hab. Piotr Formanowicz (Politechnika Poznańska) ..... XVI–XXV
prof. dr hab. Paweł Idziak (Uniwersytet Jagielloński) ..... X–XXV
z-ca przewodniczącego w edycjach X–XXV
dr Tomasz Idziaszek (Uniwersytet Warszawski) ..... XXI–XXV
sekretarz naukowy w edycjach XXI–XXV
dr Przemysława Kanarek (Uniwersytet Wrocławski) ..... IV–XXIV
z-ca przewodniczącego w edycjach XVI–XXIII
dr Barbara Klunder (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu) ..... XVI–XVIII
mgr Krystyna Kominek (II LO im. Stefana Batorego w Warszawie) ..... I–III
sekretarz w edycjach I–III
mgr Monika Kozłowska-Zając (OEIiZK) ..... IV–XXV
sekretarz w edycjach IV–XXV
dr Marcin Kubica (Uniwersytet Warszawski) ..... II–XXV
sekretarz naukowy w edycjach VII–XX
Tadeusz Kuran (OEIiZK) ..... I–XXV
koordynator (kierownik organizacyjny) we wszystkich edycjach
dr Anna Beata Kwiatkowska (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu, Liceum Akademickie w Toruniu) ..... XI–XXV
prof. dr hab. Krzysztof Loryś (Uniwersytet Wrocławski) ..... IV–XXV
prof. dr hab. Jan Madey (Uniwersytet Warszawski) ..... I–XXV
prof. dr hab. Andrzej W. Mostowski (Uniwersytet Gdański) ..... I–III
dr hab. inż. Jerzy Nawrocki (Politechnika Poznańska) ..... XIII–XV
dr Jakub Radoszewski (Uniwersytet Warszawski) ..... XV–XXV
kierownik jury w edycjach XVI–XXV, z-ca przewodniczącego w edycjach XXIV–XXV
prof. dr hab. Wojciech Rytter (Uniwersytet Warszawski) ..... I–XXV
dr Mirosława Skowrońska (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu) ..... X–XV
prof. dr hab. Krzysztof Stencel (Uniwersytet Warszawski) ..... IV–XXV
kierownik jury w edycjach IV–XV
prof. dr hab. Maciej M. Sysło (Uniwersytet Wrocławski) ..... I–XXV
z-ca przewodniczącego w edycjach I–XV
dr Maciej Ślusarek (Uniwersytet Jagielloński) ..... VII–XXV
mgr Krzysztof J. Święcicki (Ministerstwo Edukacji Narodowej) ..... I–XXV
dr Andrzej Walat (OEIiZK) ..... I–XV
sekretarz naukowy w edycjach I–VI, z-ca przewodniczącego w edycjach VII–IX
dr Tomasz Waleń (Uniwersytet Warszawski) ..... X–XXV
dr hab. inż. Stanisław Waligórski (Uniwersytet Warszawski) ..... I–XX
przewodniczący w edycjach I–VI
dr inż. Szymon Wąsik (Politechnika Poznańska) ..... XXI–XXV
dr Bolesław Wojdyło (Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu) ..... I–IX

Pierwszy etap Olimpiady jest etapem szkolnym rozgrywanym na przełomie października i listopada i obecnie gromadzi około tysiąca uczestników. W tym etapie uczniowie mają do rozwiązania zazwyczaj pięć zadań i pracują nad nimi w domu. Wyniki swojej pracy przesyłają przez Internet do oceny przez jury zawodów. Do drugiego etapu awansuje około 350 najlepszych zawodników z etapu pierwszego. Drugi etap jest organizowany w kilku ośrodkach regionalnych współpracujących ściśle z najlepszymi uczelniami informatycznymi w kraju i trwa trzy dni. Pierwszy dzień jest poświęcony na zapoznanie się z warunkami rozgrywania zawodów. W każdym z następnych dwóch dni uczestnicy mają do samodzielnego rozwiązania dwa zadania w trakcie pięciogodzinnej, kontrolowanej sesji. Rozwiązania z całej Polski są zbierane centralnie i wszystkie oceniane w takim samym środowisku i na tych samych testach. Około 80 najlepszych uczestników drugiego etapu awansuje do finału Olimpiady. Finał jest rozgrywany w jednym miejscu i trwa pięć dni. Trzy dni są przeznaczone na same zawody, a dwa dni na rekreację, turystykę oraz zajęcia popularnonaukowe. Sposób rozgrywania finału jest podobny do tego z drugiego etapu (każdego dnia zawodów zawodnicy rozwiązują od dwóch do trzech zadań). Czworo najlepszych zawodników z finałów reprezentuje Polskę na międzynarodowych zawodach informatycznych: Międzynarodowej Olimpiadzie Informatycznej (IOI – *International Olympiad in Informatics*) oraz Olimpiadzie Informatycznej Krajów Europy Środkowej (CEOI – *Central European Olympiad in Informatics*). Sześcioro najlepszych uczestników finału, którzy w roku jego rozgrywania nie są programowo w klasie maturalnej, reprezentuje Polskę na Bałtyckiej Olimpiadzie Informatycznej (BOI – *Baltic Olympiad in Informatics*).

Olimpiada Informatyczna jest złożonym przedsięwzięciem organizacyjnym i technologicznym. Co roku w jej organizację jest zaangażowana ponad setka osób. Sukces organizacyjny nie byłby możliwy bez wsparcia najlepszych uczelni informatycznych, które stanowią intelektualne zaplecze Olimpiady oraz udostępniają jej swoje zasoby lokalowe i sprzętowe. Szczególną rolę odgrywa tu Wydział Matematyki, Informatyki i Mechaniki Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie jest rozwijane zaawansowane technologicznie oprogramowanie olimpijskie oraz są sytuowane serwery Olimpiady. Nie mniejszą rolą odgrywają wydziały uczelni, w których są przeprowadzane zawody drugiego stopnia (drugi etap) i które są lub były siedzibami komitetów okręgowych. Należą do nich:

Wydział Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Jagiellońskiego
Wydział Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu
Wydział Matematyki i Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego
Wydział Informatyki Politechniki Białostockiej
Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej
Wydział Informatyki Politechniki Poznańskiej
Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki Politechniki Śląskiej
Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie

W swojej 25-letniej historii Olimpiada współpracowała także z: Polsko-Japońską Akademią Technik Komputerowych w Warszawie, Wyższą Szkołą Biznesu – National-Louis University w Nowym Sączu, Uniwersytetem Śląskim, Akademią Górniczo-Hutniczą w Krakowie, Uniwersytetem im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, Uniwersytetem Gdańskim.

Jak już wspomnieliśmy, Olimpiada Informatyczna jest olimpiadą przedmiotową Ministerstwa Edukacji Narodowej, a co za tym idzie, Ministerstwo jest podstawowym

źródłem finansowania Olimpiady. Jednak sukces Olimpiady jest również związany z dobrodziejami z otoczenia społeczno-gospodarczego. W 25-letniej historii Olimpiady szczególną rolę odegrały firmy: Prokom Software SA we współpracy z firmą szkoleniową Combidata Poland oraz Asseco Poland. Bez najmniejszej wątpliwości dynamiczny rozwój Olimpiady na przełomie wieków XX i XXI był możliwy dzięki światłej postawie panów Ryszarda Krauzego z Prokom Software SA i Krzysztofa Koszewskiego z Combidata Poland, którzy z pełnym przekonaniem postanowili wspierać polską młodzież uzdolnioną informatycznie. W roku szkolnym 1997/1998 firma Prokom Software SA stała się współorganizatorem Olimpiady Informatycznej, finansując w znacznym stopniu jej działania, natomiast firma Combidata Poland otworzyła swoje podwoje w Sopocie dla finalistów Olimpiady. Ostatni raz firma Prokom wspierała Olimpiadę w roku szkolnym 2006/2007. W latach 2007/2008–2012/2013 rolę firmy Prokom we wspieraniu Olimpiady przejęło Asseco Poland. Wśród innych firm oraz instytucji, które znacząco wspierały Olimpiadę Informatyczną w jej działalności statutowej, znajdziemy: AdPilot, ATENDE, CodiLime, Codility, Comarch, IIIT, Jane Street, OEIiZK, PTI, Software Mind, WN PWN, WNT.

Edycje Olimpiady Informatycznej

3 stycznia 1994 roku rozpoczęły się zawody pierwszego stopnia I Olimpiady Informatycznej, w których wystartowało 528 uczniów z całej Polski. Uczniowie mieli trzy tygodnie na rozwiązanie trzech zadań. 64 uczniów z najlepszymi rozwiązaniami awansowało do zawodów drugiego stopnia, które zorganizowano 18–20 marca 1994 roku w Ośrodku Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów w Warszawie. Finały I Olimpiady Informatycznej odbyły się 18–22 kwietnia 1994 roku, także w gościnnych murach OEIiZK. W finałach wystartowało 33 najlepszych uczniów z zawodów drugiego stopnia. Pierwszym zwycięzcą Olimpiady Informatycznej został Michał Wala z I LO im. Jana Kasprowicza z Raciborza.

Łącznie, w ciągu 25 lat Olimpiady Informatycznej, w pierwszych etapach wystartowało 21 989 uczniów (niektórzy wielokrotnie), do drugich etapów awansowało 7259 uczniów, a w finałach znalazło się 1590 uczniów (nie licząc finalistów XXV Olimpiady Informatycznej). W tabeli na następnej stronie przedstawiono zwycięzców wszystkich dwudziestu czterech edycji Olimpiady Informatycznej. Zwycięzca jubileuszowej, XXV Olimpiady, nie był jeszcze znany w momencie powstawania tej książki.

Sukcesy na olimpiadach międzynarodowych

O jakości Olimpiady Informatycznej świadczą między innymi sukcesy jej uczestników w konfrontacji z rówieśnikami z całego świata. Okazją ku temu są: Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Olimpiada Informatyczna Krajów Europy Środkowej oraz Bałtycka Olimpiada Informatyczna. Oczywiście najważniejsza i najbardziej prestiżowa jest Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna. Jest ona rozgrywana latem każdego roku i gromadzi najlepszych w świecie młodych informatyków – uczniów szkół średnich. Pierwsza Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna odbyła się w roku 1989, pięć lat przed startem polskiej Olimpiady. W latach 2006 i 2007 Polacy, odpowiednio, Filip Wolski i Tomasz Kulczyński zostali absolutnymi zwycięzcami Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej.

Zwycięzcy Olimpiady Informatycznej w latach 1993/1994–2016/2017

I	Michał Wala	I LO im. Jana Kasprowicza (Racibórz)
II	Marcin Sawicki	II LO im. Stefana Batorego (Warszawa)
III	Andrzej Gąsienica-Samek	XIV LO im. Stanisława Staszica (Warszawa)
IV	Tomasz Waleń	LO im. Tadeusza Kościuszki (Ziębice)
V	Andrzej Gąsienica-Samek	XIV LO im. Stanisława Staszica (Warszawa)
VI	Andrzej Gąsienica-Samek	XIV LO im. Stanisława Staszica (Warszawa)
VII	Tomasz Czajka	LO im. KEN (Stalowa Wola)
VIII	Paweł Parys	II LO im. Stanisława Staszica (Tarnowskie Góry)
IX	Paweł Parys	II LO im. Stanisława Staszica (Tarnowskie Góry)
X	Marcin Michalski	III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)
XI	Bartłomiej Romański	XIV LO im. Stanisława Staszica (Warszawa)
XII	Filip Wolski	III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)
XIII	Filip Wolski	III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)
XIV	Tomasz Kulczyński	VI LO im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (Bydgoszcz)
XV	Jarosław Błasiok	VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie (Katowice)
XVI	Tomasz Kociumaka	V LO im. Andrzeja Struga (Gliwice)
XVII	Adrian Jaskółka (ex aequo)	I LO im. Adama Mickiewicza (Białystok)
XVII	Jan Kanty Milczek (ex aequo)	III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)
XVIII	Jan Kanty Milczek	III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)
XIX	Karol Farbiś	VI LO im. Jana Kochanowskiego (Radom)
XX	Błażej Magnowski	III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)
XXI	Jarosław Kwiecień	XIV LO im. Polonii Belgijskiej (Wrocław)
XXII	Przemysław Jakub Kozłowski	I LO im. Adama Mickiewicza (Białystok)
XXIII	Jarosław Kwiecień	XIV LO im. Polonii Belgijskiej (Wrocław)
XXIV	Mariusz Trela	V LO im. Augusta Witkowskiego (Kraków)

Do polskich multimedalistów Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej należą: Filip Wolski (4 medale złote), Andrzej Gąsienica-Samek (3 medale złote, 1 medal srebrny), Marcin Andrychowicz i Jarosław Kwiecień (po 3 medale złote). Cała czwórka znajduje się w pierwszej dziesiątce multimedalistów Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej. Wyniki laureatów Olimpiady Informatycznej w rywalizacji z rówieśnikami z całego świata sytuują naszą Olimpiadę wśród najlepszych w świecie krajowych olimpiad przedmiotowych. Pod względem liczby wszystkich medali zdobytych w Międzynarodowej Olimpiadzie Informatycznej[1] Polska ze 105 medalami zajmuje drugie miejsce w świecie po Chinach (115 medali). Na 105 medali Polaków składa się 38 medali złotych, 38 medali srebrnych i 29 medali brązowych, co w klasyfikacji medalowej daje nam czwartą pozycję w świecie po Chinach (77 medali złotych, 26 medali srebrnych, 12 medali brązowych), Rosji (odpowiednio 56, 36, 12) i Stanach Zjednoczonych (46, 34, 15).

Na trzech kolejnych stronach przedstawiono wszystkich polskich medalistów w zawodach Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej.

[1] Dane na temat liczby medali można znaleźć na stronie http://stats.ioinformatics.org.

Polscy medaliści Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej

II Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, ZSRR, Mińsk, 1990

Jacek Chrząszcz (XXVII LO im. Tadeusza Czackiego, Warszawa) ····· srebrny
Rafał Bogacz (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· brązowy

III Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Grecja, Ateny, 1991

Jakub Kruszona-Zawadzki (V LO im. Józefa Poniatowskiego, Warszawa) ····· złoty
Jacek Chrząszcz (XXVII LO im. Tadeusza Czackiego, Warszawa) ····· srebrny
Jacek Pliszka (I LO im. Tadeusza Kościuszki, Łomża) ····· brązowy

IV Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, RFN, Bonn, 1992

Tomasz Śmigielski (Technikum Elektroniczne, Bydgoszcz) ····· srebrny
Rafał Bogacz (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· brązowy
Jacek Pliszka (I LO im. Tadeusza Kościuszki, Łomża) ····· brązowy

V Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Argentyna, Mendoza, 1993

Tomasz Błaszczyk (I LO im. Stefana Żeromskiego, Ozorków) ····· srebrny
Grzegorz Jakacki (XVIII LO im. Jana Zamoyskiego, Warszawa) ····· brązowy

VI Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Szwecja, Sztokholm, 1994

Krzysztof Sobusiak (Technikum Elektroniczno-Mechaniczne, Ostrów Wielkopolski) ····· srebrny
Jakub Pawlewicz (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· brązowy
Marek Stocki (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· brązowy
Michał Wala (I LO im. Jana Kasprowicza, Racibórz) ····· brązowy

VII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Holandia, Eindhoven, 1995

Jakub Pawlewicz (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· srebrny
Piotr Zieliński (VIII LO im. Adama Mickiewicza, Poznań) ····· srebrny
Mikołaj Gawron (I LO im. Karola Marcinkowskiego, Poznań) ····· brązowy
Marcin Sawicki (II LO im. Stefana Batorego, Warszawa) ····· brązowy

VIII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Węgry, Vesprem, 1996

Jakub Pawlewicz (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· złoty
Piotr Zieliński (VIII LO im. Adama Mickiewicza, Poznań) ····· złoty
Andrzej Gąsienica-Samek (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· srebrny
Adam Borowski (I LO im. Marii Skłodowskiej-Curie, Starogard Gdański) ····· brązowy

IX Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, RPA, Kapsztad, 1997

Andrzej Gąsienica-Samek (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· złoty
Piotr Zieliński (VIII LO im. Adama Mickiewicza, Poznań) ····· złoty
Piotr Sankowski (XLIX LO im. Johanna Wolfganga Goethego, Warszawa) ····· brązowy
Tomasz Waleń (LO im. Tadeusza Kościuszki, Ziębice) ····· brązowy

X Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Portugalia, Setubal, 1998

Andrzej Gąsienica-Samek (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· złoty
Eryk Kopczyński (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· złoty
Paweł Wolff (V LO im. Krzysztofa Kieślowskiego, Zielona Góra) ····· złoty
Tomasz Czajka (LO im. KEN, Stalowa Wola) ····· srebrny

XI Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Turcja, Antalya-Belek, 1999

Andrzej Gąsienica-Samek (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· złoty
Marcin Meinardi (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ····· srebrny
Michał Nowakiewicz (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· srebrny
Krzysztof Onak (III LO im. Adama Mickiewicza, Tarnów) ····· brązowy

XII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Chiny, Pekin, 2000

Tomasz Czajka (LO im. KEN, Stalowa Wola) ..... złoty
Krzysztof Onak (III LO im. Adama Mickiewicza, Tarnów) ..... złoty
Tomasz Malesiński (Zespół Szkół Elektrycznych im. J. Groszkowskiego, Białystok) .. srebrny

XIII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Finlandia, Tampere, 2001

Tomasz Malesiński (Zespół Szkół Elektrycznych im. J. Groszkowskiego, Białystok) .. złoty
Mateusz Kwaśnicki (III LO, Wrocław) ..... srebrny
Paweł Parys (II LO im. Stanisława Staszica, Tarnowskie Góry) ..... srebrny
Karol Cwalina (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... brązowy

XIV Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Korea Południowa, Yong-In, 2002

Paweł Parys (II LO im. Stanisława Staszica, Tarnowskie Góry) ..... złoty
Karol Cwalina (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... srebrny
Bartosz Walczak (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ..... srebrny
Marcin Michalski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... brązowy

XV Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, USA, Parkside, 2003

Bartosz Walczak (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ..... złoty
Filip Wolski (Gimnazjum nr 24, III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) .. złoty
Marcin Michalski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... srebrny
Michał Brzozowski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... brązowy

XVI Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Grecja, Ateny, 2004

Bartłomiej Romański (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... złoty
Filip Wolski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... złoty
Jakub Łącki (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... srebrny
Tomasz Kuras (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ..... brązowy

XVII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Polska, Nowy Sącz, 2005

Filip Wolski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... złoty
Adam Gawarkiewicz (X LO im. prof. Stefana Banacha, Toruń) ..... srebrny
Tomasz Kulczyński (VI LO im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz) ..... srebrny
Daniel Czajka (LO im. KEN, Stalowa Wola) ..... brązowy

XVIII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Meksyk, Merida, 2006

Filip Wolski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... złoty (zwycięzca)
Marcin Andrychowicz (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... złoty
Jakub Kallas (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... złoty
Michał Pilipczuk (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... srebrny

XIX Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Chorwacja, Zagrzeb, 2007

Tomasz Kulczyński (VI LO im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich, Bydgoszcz) ... złoty (zwycięzca)
Marcin Andrychowicz (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... złoty
Jakub Kallas (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ..... brązowy
Marcin Kurczych (I LO im. Stefana Żeromskiego, Kielce) ..... brązowy

XX Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Egipt, Kair, 2008

Marcin Andrychowicz (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ..... złoty
Jarosław Błasiok (VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie, Katowice) ..... złoty
Marcin Kościelnicki (I LO im. Juliusza Słowackiego, Chorzów) ..... złoty
Maciej Klimek (II LO im. Marii Skłodowskiej-Curie, Gorzów Wielkopolski) ..... srebrny

XXI Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Bułgaria, Płowdiw, 2009

Jarosław Błasiok (VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie, Katowice) ····· złoty
Tomasz Kociumaka (V LO im. Andrzeja Struga, Gliwice) ····· złoty
Adama Karczmarz (LO im. KEN, Stalowa Wola) ····· srebrny
Jakub Pachocki (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· srebrny

XXII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Kanada, Waterloo, 2010

Adrian Jaskółka (I LO im. Adama Mickiewicza, Białystok) ····· złoty
Jan Kanty Milczek (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· srebrny
Anna Piekarska (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· srebrny
Igor Adamski (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ····· brązowy

XXIII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Tajlandia, Pattaya, 2011

Piotr Bejda (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ····· złoty
Jan Kanty Milczek (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· złoty
Łukasz Jocz (I LO im. Adama Mickiewicza, Białystok) ····· srebrny
Krzysztof Leszczyński (I LO im. Marii Konopnickiej, Suwałki) ····· brązowy

XXIV Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Włochy, Sirmione-Montichiari, 2012

Karol Farbiś (VI LO im. Jana Kochanowskiego, Radom) ····· złoty
Bartłomiej Dudek (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· srebrny
Wiktor Kuropatwa (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ····· srebrny
Wojciech Nadara (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· srebrny

XXV Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Australia, Brisbane, 2013

Krzysztof Pszeniczny (Publiczne LO Sióstr Prezentek, Rzeszów) ····· srebrny
Marek Sommer (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· srebrny
Stanisław Dobrowolski (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· brązowy
Błażej Magnowski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· brązowy

XXVI Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Tajwan, Tajpej, 2014

Jarosław Kwiecień (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· złoty
Michał Glapa (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ····· srebrny
Stanisław Barzowski (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· brązowy
Albert Citko (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· brązowy

XXVII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Kazachstan, Ałmaty, 2015

Jarosław Kwiecień (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· złoty
Maciej Hołubowicz (I LO im. Adama Mickiewicza, Białystok) ····· srebrny
Przemysław Jakub Kozłowski (I LO im. Adama Mickiewicza, Białystok) ····· srebrny
Konrad Paluszek (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· srebrny

XXVIII Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Rosja, Kazań, 2016

Jarosław Kwiecień (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· złoty
Mateusz Radecki (VI LO im. Jana Kochanowskiego, Radom) ····· złoty
Juliusz Pham (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· srebrny
Paweł Burzyński (III LO im. Marynarki Wojennej RP, Gdynia) ····· brązowy

XXIX Międzynarodowa Olimpiada Informatyczna, Iran, Teheran, 2017

Anadi Agrawal (XIV LO im. Polonii Belgijskiej, Wrocław) ····· złoty
Mariusz Trela (V LO im. Augusta Witkowskiego, Kraków) ····· złoty
Stanisław Strzelecki (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· srebrny
Jan Olkowski (XIV LO im. Stanisława Staszica, Warszawa) ····· brązowy

Jeszcze lepsze wyniki osiągają młodzi Polacy w olimpiadach regionalnych: Olimpiadzie Informatycznej Krajów Europy Środkowej (CEOI) oraz Bałtyckiej Olimpiadzie Informatycznej (BOI).

Konkurs CEOI ma formułę zbliżoną do Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej. Jest rozgrywany corocznie od roku 1994. Stałymi uczestnikami tego konkursu są reprezentacje Chorwacji, Czech, Niemiec, Polski, Rumunii, Słowacji i Węgier. Od czasu do czasu gościnnie są zapraszane reprezentacje innych państw, co nadaje zawodom wyższą rangę. W dotychczasowej historii CEOI gościnnie występowały reprezentacje ponad dwudziestu krajów z Europy i spoza (jak USA, Iran czy Izrael). We wszystkich edycjach konkursu Polacy zdobyli 30 medali złotych, 35 medali srebrnych i 27 medali brązowych, w tym dziesięciokrotnie byli absolutnymi zwycięzcami:

- Adam Borowski (1996)
- Andrzej Gąsienica-Samek (1998 i 1999)
- Paweł Parys (2001)
- Bartosz Walczak (2003)
- Filip Wolski (2006)
- Anna Piekarska (2010)
- Krzysztof Pszeniczny (2011)
- Przemysław Jakub Kozłowski (2015)
- Anadi Agrawal (2017)

BOI to coroczne zawody rozgrywane od roku 1995, w których biorą udział reprezentacje krajów nadbałtyckich: Danii, Estonii, Finlandii, Litwy, Łotwy, Niemiec, Norwegii, Polski i Szwecji. Reprezentacje składają się z nie więcej niż sześciorga zawodników. Polscy zawodnicy bezwzględnie dominują w tych zawodach. Dobitną ilustracją tego faktu jest to, że Polacy zdobyli większość złotych medali (łącznie 49 złotych medali, 44 medale srebrne oraz 18 medali brązowych) w tym dwunastokrotnie zwyciężali. Jest to tym bardziej imponujące, że w zawodach BOI zazwyczaj startuje reprezentacja Polski do lat 18, w innych zaś krajach startują także dziewiętnastolatkowie. Polskimi zwycięzcami Bałtyckiej Olimpiady Informatycznej byli:

- Tomasz Waleń (1997)
- Andrzej Gąsienica-Samek (1999)
- Bartosz Walczak (2003)
- Filip Wolski (2004 i 2005)
- Tomasz Kulczyński (2006)
- Jakub Pachocki (2009)
- Mateusz Gołębiewski (2011)
- Krzysztof Pszeniczny (2012)
- Jarosław Kwiecień (2014)
- Artur Puzio (2015)
- Mariusz Trela (2016)

Źródła sukcesów Olimpiady Informatycznej

Sukces Olimpiady Informatycznej wynika przede wszystkim z niezwykle wysokiego poziomu organizacyjnego i merytorycznego samego konkursu, który odgrywa rolę nie do przecenienia w wyławianiu i kształceniu uczniów wyjątkowo uzdolnionych informatycznie. Uczestnictwo z sukcesami w Olimpiadzie wymaga od uczniów wiedzy i umiejętności wybiegających daleko poza to, co jest uczone w szkole. Olimpiada dotyka jądra informatyki – algorytmiki i programowania, a wiedza i umiejętności w niej zdobyte nie są ulotne i dają niezbędne podwaliny dalszego dziedzinowego rozwoju. Jeszcze ważniejszym jest to, że konkurs kształci w młodych ludziach umiejętności, które są niezbędne w ich późniejszej aktywności zawodowej: pracowitość, systematyczność, samodyscyplinę, dociekliwość, samodoskonalenie, pracę w zespole, uczciwość, ambicję, chęć konkurowania, dążenie do sukcesu. Startowanie w Olimpiadzie jest dla młodego człowieka wyzwaniem intelektualnym, a sukces nobilituje. Jednocześnie organizatorzy Olimpiady dbają o to, by jej uczestnicy mieli okazję poznać się i nawiązać bliskie kontakty, które później mogą procentować w ich życiu zawodowym.

Pierwszym, który dostrzega talent ucznia, jest bardzo często nauczyciel. Dobry nauczyciel nie boi się talentu, a stara się nim pokierować w sposób jak najlepszy dla jego dalszego rozwoju. Wybitni nauczyciele potrafią zorganizować cały system pracy z uczniem zdolnym, w którym pracuje się nie z pojedynczym uczniem, a z całą grupą uczniów. W grupie uczniowie uczą się nawzajem, rywalizując ze sobą (w pozytywnym tego słowa znaczeniu), doskonalą swoje umiejętności i pogłębiają wiedzę. Uczniowie uczą się nie tylko samokształcenia, lecz także, jak uczyć innych. Doświadczenia Olimpiady Informatycznej pokazują, że nauczyciele, którzy właśnie w taki sposób pracują z uczniami, osiągają największe sukcesy, a sukcesy te nie są jednorazowe, ale powtarzalne. W poniższej tabeli zamieściliśmy zestawienie szkół, które w 24-letniej historii Olimpiady (przypominamy, że w chwili pisania tej książki XXV edycja jeszcze się nie zakończyła) więcej niż pięciokrotnie wprowadziły co najmniej dwóch uczniów do zawodów finałowych – rekordzistom ta sztuka udała się aż 23 razy.

Szkoły, które najczęściej wprowadzały co najmniej dwóch uczniów do finałów Olimpiady

III LO im. Marynarki Wojennej RP (Gdynia)	23
XIV LO im. Stanisława Staszica (Warszawa)	23
V LO im. Augusta Witkowskiego (Kraków)	20
XIV LO im. Polonii Belgijskiej (Wrocław)	14
XIII LO im. Mikołaja Kopernika (Szczecin)	14
VI LO im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich (Bydgoszcz)	14
I LO im. Adama Mickiewicza (Białystok)	10
VIII LO im. Adama Mickiewicza (Poznań)	7
III LO im. Adama Mickiewicza (Wrocław)	7
Gimnazjum i Liceum Akademickie (Toruń)	7
IV LO im. Tadeusza Kościuszki (Toruń)	6
VIII LO im. Marii Skłodowskiej-Curie (Katowice)	6
VI LO im. Jana Kochanowskiego (Radom)	6

Wychowanie nawet jednego finalisty Olimpiady Informatycznej jest wielkim sukcesem. Na szczególne wyróżnienie zasługują nauczyciele, którzy dokonali tego wielokrotnie i przyczynili się do powstania lokalnych szkół olimpijskich. Do najwybitniejszych nauczycieli – wychowawców olimpijczyków z informatyki – należą:

- Iwona Bujnowska (Białystok)
- Ireneusz Bujnowski (Białystok)
- Czesław Drozdowski (Szczecin)
- Lech Duraj (Kraków)
- Andrzej Dyrek (Kraków)
- Alina Gościniak (Poznań)
- Grzegorz Herman (Kraków)
- Henryk Kawka (Lublin)
- Dawid Matla (Wrocław)
- Mirosław Mortka (Radom)
- Rafał Nowak (Wrocław)
- Małgorzata Piekarska (Bydgoszcz)
- Adam Polak (Kraków)
- Włodzimierz Raczek (Bielsko-Biała)
- Hanna Stachera (Warszawa)
- Ryszard Szubartowski (Gdynia)
- Michał Szuman (Szczecin)
- Joanna Śmigielska (Warszawa)
- Iwona Waszkiewicz (Bydgoszcz)

Warto także wymienić najwybitniejszych spośród tych, którzy jako studenci wyróżnili się pracą z uczniami (są to zwykle uczestnicy poprzednich edycji Olimpiady):

- Patryk Czajka (Warszawa)
- Bartłomiej Dudek (Wrocław)
- Andrzej Gąsienica-Samek (Warszawa)
- Bartosz Kostka (Wrocław)
- Grzegorz Owsiany (Rzeszów)
- Karol Pokorski (Wrocław)
- Marek Sommer (Warszawa)
- Bartosz Szreder (Warszawa)

Musimy tu również wymienić tych spośród członków Komitetu, którzy wnieśli największy wkład w rozwój swoich okręgów:

- Paweł Idziak (Kraków)
- Anna Beata Kwiatkowska (Toruń)
- Krzysztof Loryś (Wrocław)

Bez wątpienia sukcesy Olimpiady Informatycznej są także wynikiem skutecznej działalności edukacyjnej jej organizatorów. Co roku są wydawane materiały poolimpijskie (tzw. *niebieskie książeczki* [1]) zawierające szczegółową dyskusję rozwiązań zadań olimpijskich oraz programy wzorcowe. Są one dostępne online na stronie Olimpiady: oi.edu.pl. Byli olimpijczycy prowadzą portale edukacyjne dla początkujących adeptów programowania i algorytmiki – szkopul.edu.pl oraz main2.edu.pl, dawniej main.edu.pl – dzięki którym nawet uczniowie z małych miejscowości spoza ośrodków akademickich mogą rozwijać swoje umiejętności. Finaliści Olimpiady mają co roku okazję uczestniczyć w wakacyjnych Obozach Naukowo-Treningowych im. Antoniego Kreczmara, na których wysłuchują wykładów przygotowywanych przez pracowników naukowych i starszych kolegów. Mogą też doskonalić swoje umiejętności algorytmiczno-programistyczne, biorąc udział w praktycznych warsztatach programistycznych.

O zadaniach

To, co wyróżnia Olimpiadę Informatyczną, to ambitne i inspirujące zadania. Każde zadanie olimpijskie jest oryginalne, dotyka pewnego aspektu algorytmiki (techniki algorytmicznej, ważnego algorytmu lub struktury danych, wydajnej implementacji, optymalności, analizy poprawności i złożoności algorytmów). Rozwiązanie zadania olimpijskiego jest źródłem satysfakcji, a trudności napotkane przy próbie rozwiązania stymulują do poszukiwań, dyskusji i samokształcenia. Zadania są przygotowywane zarówno przez naukowców informatyków o światowej renomie, popularyzatorów informatyki, jak i byłych uczestników Olimpiady osiągających sukcesy w najbardziej prestiżowych, światowych konkursach algorytmiczno-programistycznych. Co więcej, dawni olimpijczycy aktywnie uczestniczą w pracach Olimpiady, przygotowując rozwiązania wzorcowe zadań olimpijskich, i są autorami wyrafinowanego oprogramowania olimpijskiego służącego do automatyzacji prac w Olimpiadzie, w szczególności automatycznego sprawdzania rozwiązań zawodników. Przez 25 lat Olimpiady Informatycznej uczniowie zmagali się z 387 oryginalnymi zadaniami. W tej książce przedstawiamy 50 zadań, które zostały uznane przez redaktorów tego wydawnictwa za najbardziej reprezentatywne dla Olimpiady Informatycznej.

Bardzo wiele zadań olimpijskich dotyczy problemów, które powstają w wyimaginowanym królestwie Bajtocji. Kraj ten po raz pierwszy pojawił się w treści zadania *Gońcy* z III Olimpiady Informatycznej. Cztery lata później, w zadaniu *Labirynt studni*, ujawnił się mieszkaniec Bajtocji – Bajtazar, który od tego czasu stał się główną postacią bardzo wielu zadań olimpijskich i w ten sposób trafił do tytułu tej publikacji.

O książce

Jak już wspomnieliśmy, w książce przedstawiamy reprezentatywny wybór zadań ze wszystkich dotychczasowych 25 edycji Olimpiady Informatycznej. Zadania te poruszają najważniejsze zagadnienia pojawiające się na Olimpiadzie i są omówione zasadniczo w kolejności od najprostszych do najtrudniejszych. Zadania są pogrupowane w krótkie działy, zawierające od dwóch do pięciu zadań, które ilustrują poszczególne techniki algorytmiczne. Tytuły tych działów można znaleźć w spisie treści.

Książka jest podzielona na trzy części. Do zrozumienia pierwszej części publikacji wystarczy znajomość elementarnych zasad projektowania i implementacji algorytmów opisanych np. w książce Jacka Tomasiewicza zatytułowanej *Zaprzyjaźnij się z algorytmami* [14].

Pierwsza część rozpoczyna się od działu zadań rozgrzewkowych, które nie wymagają znajomości żadnych specjalnych technik algorytmicznych. W rozwiązaniach kolejnych zadań są wykorzystywane poszczególne metody opisane w książce Jacka Tomasiewicza. Oto lista zadań w naszej publikacji z podziałem na te metody:

- sortowanie (*Szeregowanie czynności*)
- stos (*Plakatowanie*, *Tetris Attack*)
- spójny podciąg o maksymalnej sumie (*Różnica*)
- sito Eratostenesa (*Odległość*)
- ciąg Fibonacciego (*Rozkład Fibonacciego*)
- wyszukiwanie binarne (*Łuk triumfalny*, *Żabka*)

- gąsienica (*Krążki*, *Gdzie zbudować browar?*)
- programowanie zachłanne (*Szeregowanie czynności*, *Rozkład Fibonacciego*, *Dostawca pizzy*)
- programowanie dynamiczne (*Rezerwacja sal wykładowych*, *Różnica*, *Zająknięcia*, *Łuk triumfalny*)
- drzewa (*Dostawca pizzy*, *Łuk triumfalny*, *Wielokąt*)
- algorytm grafowy BFS (*Jedynki i zera*, *Agenci*, *Odległość*)
- algorytm grafowy DFS (*Równanie na słowach*, *Dziuple*)
- kolejka priorytetowa (*Dostawca pizzy*, *Zawody*)
- wyszukiwanie lidera (*Kurierzy* – w drugiej części książki)

Druga część tej publikacji dotyczy dalszych zagadnień algorytmicznych, m.in. tych, których listę można znaleźć na końcu książki Jacka Tomasiewicza. W opisach niektórych zadań w tej części znajdują się odnośniki do zagadnień, o których można przeczytać np. w podręcznikach akademickich *Algorytmy i struktury danych* [5] i *Wprowadzenie do algorytmów* [6]:

- sortowanie topologiczne (*Przedsięwzięcie*)
- cykl Eulera (*Hazard*)
- silnie spójne składowe (*Drogi zmiennokierunkowe*)
- algorytm Knutha–Morrisa–Pratta (*Okresy słów*)
- dwuspójne składowe (*Magazynier*, *Gońcy*)
- iloczyn wektorowy (*Pionek*)

W trzeciej części książki umieściliśmy artykuły prezentujące techniki, które, choć bardzo często obecne w zadaniach olimpijskich, nie doczekały się dotychczas wyczerpującego opisu w literaturze. Są to: drzewa przedziałowe, kolejka minimów oraz struktury danych do porównywania podsłów (haszowanie napisów i słownik podsłów bazowych). Ponadto w książce znalazł się artykuł dotyczący drzewa palindromów – niedawno wprowadzonej struktury danych, która zyskała już popularność w środowisku zawodników. Pozwala ona poprawić złożoność czasową rozwiązania zadania *Palindromy* z II edycji Olimpiady.

Staraliśmy się zaproponować po dwa zadania z każdej edycji Olimpiady. Opracowania niektórych zadań z Olimpiady znalazły się już w książce *W poszukiwaniu wyzwań* [3], której wznowienie przygotowuje wydawnictwo WN PWN, i dlatego postanowiliśmy nie umieszczać ponownie opisów rozwiązań tych zadań. W książce znalazło się o jedno mniej zadanie z X i XVI edycji Olimpiady, z których zadania zostały już licznie omówione w książce *W poszukiwaniu wyzwań*. Ponadto umieściliśmy tylko jedno opracowanie zadania z XXV edycji, w trakcie której powstawała ta książka.

Opisy rozwiązań zadań przygotowano na podstawie autorskich opracowań zadań ze wspomnianych już niebieskich książeczek, czyli dorocznych sprawozdań z poszczególnych edycji Olimpiady. Opisy te zostały przez redaktorów ujednolicone, miejscami uzupełnione oraz zilustrowane dodatkowymi rysunkami i pseudokodami. Rysunki techniczne wykonano ponownie w jednolitym formacie. W przypadku niektórych zadań redakcja umieściła także dodatki z materiałem uzupełniającym, które ilustrują rozwój wiedzy na temat zagadnień poruszanych w poszczególnych zadaniach przez kolejne edycje Olimpiady.

Przy tytule każdego zadania znajduje się adres internetowy prowadzący do automatycznego systemu oceniającego rozwiązania zadań olimpijskich. Dzięki niemu każdy z czytelników będzie mógł sprawdzić poprawność zaprogramowanych przez siebie rozwiązań.

Po omówieniach poszczególnych zadań zostały umieszczone listy innych zadań olimpijskich, które można było rozwiązać za pomocą podobnych metod. Natomiast na końcu książki umieściliśmy wykaz zagadnień, które pojawiały się w zadaniach olimpijskich, lecz ze względu na ograniczoną objętość publikacji nie zostały w niej opisane. Przy każdym zagadnieniu znalazła się lista zadań, w których to zagadnienie się pojawiło. Książka zawiera więc klasyfikację tematyczną wszystkich 387 dotychczasowych zadań z Olimpiady Informatycznej (warto zaznaczyć, że niektóre zadania występują na kilku listach).

Gdy porówna się zadania z pierwszych edycji Olimpiady z tymi z najnowszych edycji, można zauważyć, że zadania olimpijskie nie zmieniły się co do istoty – nadal są algorytmiczne, wymagające intelektualnie i (przynajmniej według olimpijczyków) naprawdę ciekawe. Olimpiada zmieniła się jednak nieco pod względem technicznym. W pierwszych edycjach Olimpiady programy wczytywały dane z plików i nie zawsze można było zakładać poprawność danych. Obecnie dane wczytuje się ze standardowego wejścia („z klawiatury") i wypisuje na standardowe wyjście („ekran"), a o danych można zakładać, że są w pełni poprawne – są rozmieszczone w wierszach i oddzielone pojedynczymi odstępami (spacjami) dokładnie tak, jak to podano w treści zadania i w przykładzie. Pojawiają się też zadania innego typu, wymagające interakcji z biblioteką dostarczoną przez organizatorów – przykłady takich zadań można znaleźć w jednym z działów książki. Dawniej w treści zadania zawsze znajdowała się sekcja *Zadanie*, która wyraźnie formułowała problem postawiony w zadaniu. Obecnie zrezygnowano z tej sekcji na rzecz umieszczenia problemu w warstwie fabularnej. Wprowadzono za to sekcję podzadań, w której podaje się jawnie liczby punktów przyznawane rozwiązaniom, które radzą sobie w pewnym, ograniczonym zakresie danych wejściowych. Aby nie konfundować czytelnika takimi różnicami, ujednolicono prezentację treści zadań w książce. Z tych różnic pozostawiono jedynie sekcje wymieniające podzadania w przypadku zadań z najnowszych edycji Olimpiady, gdyż mogą czytelnikowi pomóc zorientować się w zakresie rozwiązań zadania.

Redaktorzy książki to wytrawni algorytmicy i popularyzatorzy informatyki, od lat związani z Olimpiadą Informatyczną, odpowiedzialni w niej właśnie za przygotowanie zadań. Każdy z nich jest autorem wielu zadań typu olimpijskiego oraz materiałów dydaktycznych z algorytmiki. Są oni najlepszą gwarancją jakości tej publikacji. Każdemu czytelnikowi życzę przyjemności z lektury książki, a przede wszystkim satysfakcji z samodzielnego rozwiązywania zadań, natomiast przyszłym olimpijczykom życzę sukcesów w Olimpiadzie na miarę poprzedników.

Krzysztof Diks

O redaktorach

prof. dr hab. Krzysztof Diks
Algorytmik, profesor informatyki na Uniwersytecie Warszawskim. Od 24 lat jest członkiem Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej, w którym od roku 1999/2000 piastuje funkcję przewodniczącego. Był pomysłodawcą ogólnopolskiego, otwartego konkursu programistycznego Potyczki Algorytmiczne. W roku 2005 współorganizował w Polsce Międzynarodową Olimpiadę Informatyczną, a w roku 2012 – Mistrzostwa Świata w Programowaniu Zespołowym. Razem z prof. Janem Madeyem opiekuje się studentami Uniwersytetu Warszawskiego, którzy z sukcesami uczestniczą w zawodach w programowaniu zespołowym. Wychowankowie profesora dwa razy zdobyli akademickie mistrzostwo świata w programowaniu zespołowym. Prof. Diks jest współautorem podręcznika akademickiego *Algorytmy i struktury danych* [5] oraz współautorem tłumaczeń na język polski najważniejszych książek w tej dziedzinie: *Wprowadzenie do algorytmów* [6] i *Sztuka programowania* [8].

dr Tomasz Idziaszek
Członek Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej. Pełni funkcję sekretarza naukowego, odpowiedzialnego za dobór propozycji zadań na Olimpiadę. Jest autorem ponad setki zadań programistycznych. Organizator konkursów: Potyczki Algorytmiczne, Akademickie Mistrzostwa Polski w Programowaniu Zespołowym, Bałtycka Olimpiada Informatyczna, 24-godzinny konkurs Asseco Programming Marathon24. Autor i redaktor publikacji olimpijskich oraz artykułów o tematyce informatycznej w popularnonaukowym czasopiśmie *Delta*.

dr Jakub Łącki
Członek komitetu naukowego Międzynarodowej Olimpiady Informatycznej. Kierował wyborem zadań na Potyczki Algorytmiczne oraz współorganizował Akademickie Mistrzostwa Polski w Programowaniu Zespołowym. Był również kierownikiem naukowym Obozu Naukowo-Treningowego im. Antoniego Kreczmara. Obecnie pracuje na stanowisku badawczym w Google w Nowym Jorku. W pracy naukowej zajmuje się algorytmami grafowymi.

dr Jakub Radoszewski
Członek Komitetu Głównego Olimpiady Informatycznej. Obecnie pełni funkcję wiceprzewodniczącego tego komitetu i kierownika jury Olimpiady. Autor kilkudziesięciu zadań olimpijskich. Był kierownikiem jury konkursów: Potyczki Algorytmiczne, Akademickie Mistrzostwa Polski w Programowaniu Zespołowym, Olimpiada Informatyczna Gimnazjalistów. Od ponad 10 lat jest redaktorem dorocznych wydawnictw Olimpiady Informatycznej. Pracował w redakcji czasopisma *Delta*. Współtwórca portalu main.edu.pl oraz kursu programowania na platformie main2.edu.pl. Adiunkt w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Warszawskiego. W pracy naukowej zajmuje się algorytmiką i kombinatoryką tekstów.

Ten sam zespół redaktorów czuwał nad powstaniem książek *W poszukiwaniu wyzwań* [3], również w wersji anglojęzycznej [2], oraz *W poszukiwaniu wyzwań 2* [4].

Zadania – część pierwsza

Lizak

XVIII Olimpiada Informatyczna (2010/2011), etap I
Autor zadania i opisu rozwiązania: Jakub Pachocki
Limit pamięci: 64 MB
https://oi.edu.pl/pl/archive/oi/18/liz

Bajtazar prowadzi w Bajtogrodzie sklep ze słodyczami. Wśród okolicznych dzieci najpopularniejszymi słodyczami są lizaki waniliowo-truskawkowe. Składają się one z wielu segmentów jednakowej długości, z których każdy ma jeden smak – waniliowy lub truskawkowy. Cena lizaka jest równa sumie wartości jego segmentów: segment waniliowy kosztuje jednego bajtalara, a truskawkowy dwa bajtalary.

Poniższy rysunek przedstawia przykładowego lizaka o pięciu segmentach, trzech truskawkowych i dwóch waniliowych, ułożonych na przemian. Segmenty truskawkowe są pokolorowane na szaro, a waniliowe na biało. Segmenty truskawkowe są dwa razy droższe od waniliowych, więc symbolicznie zostały oznaczone jako dwa razy dłuższe. Cena tego lizaka wynosi 8 bajtalarów.

Obecnie Bajtazarowi został na składzie tylko jeden (za to być może bardzo długi) lizak. Bajtazar zdaje sobie sprawę, że prawdopodobnie nikt nie będzie chciał go kupić w całości, dlatego dopuszcza możliwość łamania go na granicach segmentów w celu uzyskania lizaka o mniejszej długości. Fragment lizaka przeznaczony ostatecznie do sprzedaży musi pozostać niepołamany.

Doświadczenie pokazuje, że klienci najczęściej chcą kupić lizaka za całe swoje kieszonkowe. Bajtazar zastanawia się, dla wielu możliwych wartości k, jak przełamać posiadany lizak tak, aby otrzymać lizak o cenie równej dokładnie k bajtalarów. Ponieważ zadanie nie jest wcale proste, poprosił cię o pomoc.

Wejście

W pierwszym wierszu wejścia znajdują się dwie liczby całkowite n i m ($1 \leqslant n, m \leqslant 1\,000\,000$). Oznaczają one odpowiednio liczbę segmentów ostatniego pozostałego w sklepie lizaka oraz liczbę rozpatrywanych wartości k. Segmenty lizaka są ponumerowane kolejno od 1 do n.

W drugim wierszu znajduje się n-literowy opis lizaka, złożony z liter `T` i `W`, przy czym `T` oznacza segment truskawkowy, `W` zaś – waniliowy; i-ta z tych liter opisuje smak i-tego segmentu.

W kolejnych m wierszach znajdują się kolejne wartości k do rozpatrzenia ($1 \leqslant k \leqslant 2\,000\,000$), po jednej w wierszu.

Wyjście

Twój program powinien wypisać na wyjście dokładnie m wierszy zawierających wyniki dla kolejnych wartości k, po jednym wyniku w wierszu. Jeśli dla danej wartości

k nie da się wyłamać z lizaka spójnego fragmentu o wartości równej k bajtalarów, to należy wypisać słowo `NIE`. W przeciwnym przypadku należy wypisać dwie liczby l i r ($1 \leqslant l \leqslant r \leqslant n$), takie że fragment lizaka złożony z segmentów o numerach od l do r włącznie ma wartość dokładnie k bajtalarów. Jeśli istnieje wiele możliwych odpowiedzi, twój program może podać dowolną z nich.

Przykład

Dla danych wejściowych:

```
5 3
TWTWT
5
1
7
```

poprawnym wynikiem jest:

```
1 3
2 2
NIE
```

Wyjaśnienie przykładu: Przykład opisuje lizak z rysunku. Segmenty o numerach od 1 do 3 tworzą lizak postaci `TWT`, wart 5 bajtalarów. Segment numer 2 ma smak waniliowy i kosztuje 1 bajtalara. Natomiast z tego lizaka nie da się w żaden sposób uzyskać lizaka wartego 7 bajtalarów.

Rozwiązanie

Występujący w zadaniu lizak możemy wyobrazić sobie jako n-elementowy ciąg złożony z jedynek (segmenty waniliowe) i dwójek (segmenty truskawkowe). Musimy umieć odpowiedzieć na m zapytań postaci: czy jakiś spójny fragment (tzn. jeden kawałek) tego ciągu ma sumę dokładnie k. Zauważmy, że wartości parametrów n oraz m w zadaniu mogą być dosyć duże (ich górne ograniczenie to 1 000 000).

Rozwiązanie o złożoności $O(n^2 \cdot m)$

W najprostszym rozwiązaniu na każde zapytanie odpowiadamy niezależnie. Odpowiedź na pojedyncze zapytanie (z parametrem k) wymaga wówczas przejrzenia wszystkich $\frac{n \cdot (n+1)}{2} = O(n^2)$ fragmentów lizaka, obliczenia w czasie $O(n)$ sumy każdego z nich i sprawdzenia, czy jest równa k. Złożoność czasowa takiego rozwiązania wynosi więc $O(n^3 \cdot m)$.

Przy bardziej przemyślanej implementacji można uzyskać rozwiązanie działające w czasie $O(n^2 \cdot m)$. Wystarczy, że nie będziemy wyznaczać sumy każdego fragmentu lizaka od nowa, ale skorzystamy z wcześniej obliczonych wartości. Przykładowo możemy najpierw w czasie $O(n)$ wyznaczyć sumy prefiksowe lizaka, a potem sumę fragmentu lizaka od l-tego do r-tego jego segmentu obliczać w czasie stałym jako różnicę r-tej i $(l-1)$-szej sumy prefiksowej.

Rozwiązanie o złożoności $O(n^2 + m)$

Powyższe rozwiązanie można jeszcze usprawnić, przeglądając na wstępie wszystkie możliwe do wyłamania lizaki i zapamiętując, dla każdej możliwej ceny k z zakresu od 1 do $2n$, jeden z przedziałów reprezentujących fragment lizaka o sumie k, oczywiście jeśli taki przedział istnieje. Umożliwia to późniejsze odpowiadanie na zapytania w czasie stałym.

Rozwiązanie wzorcowe o złożoności $O(n + m)$

Rozwiązanie wzorcowe opiera się na następującej obserwacji:

Obserwacja 1. *Mając dany fragment lizaka o sumie $k \geqslant 3$, możemy w czasie stałym wyznaczyć pewien fragment o sumie $k - 2$.*

Dowód. Jeżeli pierwszy lub ostatni segment fragmentu jest równy 2, to wystarczy go odłamać. Jeżeli oba skrajne segmenty są równe 1, odłamujemy obydwa. ■

Bezpośrednio z powyższej obserwacji wynika, że jeżeli znamy fragment lizaka *o maksymalnej sumie parzystej* i fragment *o maksymalnej sumie nieparzystej*, to jesteśmy w stanie w czasie $O(n)$ wyznaczyć fragmenty o wszystkich możliwych sumach.

Zauważmy, że jednym z tych dwóch maksymalnych fragmentów jest zawsze cały lizak. Drugim zaś jest najdłuższy fragment zawierający o jeden segment równy 1 mniej niż cały lizak. Taki fragment można znaleźć w czasie liniowym, wyszukując pozycje skrajnych segmentów równych 1, l i r, i wybierając dłuższy z fragmentów $[l + 1, n]$ oraz $[1, r - 1]$. Dodajmy dla jasności, że jeśli lizak nie zawiera segmentów równych 1, to podane przedziały nie istnieją (wszystkie fragmenty lizaka mają parzyste sumy).

W ten sposób przed wczytaniem zapytań zapamiętujemy wszystkie możliwe odpowiedzi (podobnie jak w drugim rozwiązaniu nieoptymalnym), a potem odpowiadamy na zapytania w czasie stałym.

Poniżej podajemy ten algorytm zapisany w pseudokodzie. Opisy poszczególnych segmentów lizaka przechowujemy w tablicy $smak[1\,..\,n]$, przy czym zakładamy, że jeśli i-ty segment jest waniliowy, to $smak[i] = 1$, a jeśli truskawkowy, to $smak[i] = 2$. Do zapamiętywania wyników wstępnych obliczeń wykorzystujemy tablicę $przedział[1\,..\,2n]$, której wszystkie elementy są początkowo ustawione na **nil**.

Na początek pomocnicza procedura *Spamiętaj*$(l,\ r,\ k)$ implementująca pomysł z obserwacji 1. Zakłada, że fragment lizaka $[l, r]$ ma sumę k, i rekurencyjnie spamiętuje w tablicy *przedział* krótsze fragmenty o tej samej parzystości. Koszt jednego wywołania tej procedury to $O(k)$.

```
procedure Spamiętaj(l, r, k)
begin
  przedział[k] := [l, r];
  if k ⩾ 3 then begin
    if smak[l] = 2 then Spamiętaj(l + 1, r, k − 2);
    else if smak[r] = 2 then Spamiętaj(l, r − 1, k − 2);
    else Spamiętaj(l + 1, r − 1, k − 2);
  end
end
```

Poniżej kod głównej procedury programu. Złożoność czasowa rozwiązania wzorcowego to $O(n+m)$.

```
1:  begin
2:     Wczytaj(n, m, smak);
3:     suma := 0;
4:     for i := 1 to n do
5:        if smak[i] = 1 then suma := suma + 1;
6:        else suma := suma + 2;
7:     Spamiętaj(1, n, suma);
8:     l := r := −1;
9:     for i := 1 to n do
10:       if smak[i] = 1 then begin
11:          if l = −1 then l := i;
12:          r := i;
13:       end
14:    if l ≠ −1 and r − 1 < n − l then
15:       Spamiętaj(l + 1, n, suma − 2 · (l − 1) − 1);
16:    else if r ≠ −1 then
17:       Spamiętaj(1, r − 1, suma − 2 · (n − r) − 1);
18:    for i := 1 to m do begin
19:       Wczytaj(k);
20:       if k > suma or przedział[k] = nil then Wypisz(„NIE”);
21:       else Wypisz(przedział[k]);
22:    end
23: end
```

Patrz także

Podobne pomysły pojawiły się w rozwiązaniach zadań:

- *Suma ciągu jedynkowego* z V OI
- *Flappy Bird* z XXIV OI

Minusy

IX Olimpiada Informatyczna (2001/2002), etap III
Autorzy zadania: Piotr Chrząstowski, Wojciech Guzicki
Opis rozwiązania: Wojciech Guzicki
Limit pamięci: 32 MB
https://oi.edu.pl/pl/archive/oi/9/min

Działanie odejmowania nie jest łączne, np. $(5-2)-1=2$, natomiast $5-(2-1)=4$, a zatem $(5-2)-1 \neq 5-(2-1)$. Wynika stąd, że wartość wyrażenia postaci $5-2-1$ zależy od kolejności wykonywania odejmowań. Przy braku nawiasów przyjmuje się, że wykonujemy działania od lewej strony, czyli wyrażenie $5-2-1$ oznacza $(5-2)-1$.

Mamy dane wyrażenie postaci

$$x_1 \pm x_2 \pm \ldots \pm x_n,$$

gdzie $\pm$ oznacza $+$ (plus) lub $-$ (minus), a $x_1, x_2, \ldots, x_n$ oznaczają (parami) różne zmienne. Chcemy w wyrażeniu postaci

$$x_1 - x_2 - \ldots - x_n$$

tak rozmieścić nawiasy, aby uzyskać wyrażenie równoważne danemu. Na przykład chcąc uzyskać wyrażenie równoważne wyrażeniu

$$x_1 - x_2 - x_3 + x_4 + x_5 - x_6 + x_7,$$

możemy w

$$x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7$$

rozmieścić nawiasy na przykład tak:

$$((x_1 - x_2) - (x_3 - x_4 - x_5)) - (x_6 - x_7).$$

Napisz program, który wyznaczy, w jaki sposób można powstawiać nawiasy. Dopuszczalne jest postawienie co najwyżej $n-1$ par nawiasów. Nawiasowania, w których nawiasy nie otaczają żadnej zmiennej lub otaczają tylko jedną zmienną, są niedopuszczalne.

Wejście

W pierwszym wierszu wejścia znajduje się jedna liczba całkowita n ($2 \leqslant n \leqslant 1\,000\,000$) oznaczająca liczbę zmiennych w danym wyrażeniu. W każdym z kolejnych $n-1$ wierszy jest zapisany jeden znak `+` lub `-`; w i-tym z tych wierszy jest zapisany znak występujący w danym wyrażeniu między x_i a x_{i+1}.

Wyjście

Twój program powinien wypisać szukany sposób wstawienia nawiasów do wyrażenia $x_1 - x_2 - \ldots - x_n$. Należy wypisać tylko nawiasy i minusy (bez odstępów między nimi), pomijając zmienne $x_1, x_2, \ldots, x_n$.

Możesz założyć, że dla każdego podanego wyrażenia istnieje co najmniej jedno poprawne rozwiązanie. Jeśli istnieje wiele możliwych rozwiązań, twój program powinien wypisać jedno z nich.

Przykład

Dla danych wejściowych:

```
7
-
-
+
+
-
+
```

poprawnym wynikiem jest:

```
((-)-(--))-(-)
```

Rozwiązanie

Zauważmy, że jeśli rozstawimy nawiasy w dowolny sposób, to otrzymamy wyrażenie równoważne

$$x_1 - x_2 \pm x_3 \pm x_4 \pm \ldots \pm x_n,$$

gdzie każdy znak $\pm$ jest jednym ze znaków $+$ lub $-$. W szczególności nie jesteśmy w stanie sprawić, by przed x_2 znalazł się znak $+$. Wynika stąd, że możemy otrzymać co najwyżej 2^{n-2} różnych wyników. Udowodnimy następujące twierdzenie:

Twierdzenie 1. *Dla każdego wyrażenia postaci*

$$x_1 - x_2 \pm x_3 \pm x_4 \pm \ldots \pm x_n \tag{$*$}$$

(gdzie każdy znak $\pm$ jest jednym ze znaków $+$ lub $-$) istnieje takie rozstawienie nawiasów w wyrażeniu

$$x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - \ldots - x_n,$$

że po otwarciu wszystkich nawiasów otrzymamy wyrażenie $(*)$.

Dowód. Szukany sposób rozstawienia nawiasów otrzymamy w trzech krokach.

(1) Każdy maksymalny blok postaci

$$x_i + x_{i+1} + \ldots + x_j$$

ujmiemy w nawias, zamieniając wszystkie znaki $+$ na znaki $-$; należy przy tym zwrócić uwagę na to, że ten blok jest poprzedzony znakiem $-$, co wynika z maksymalności.

Otrzymujemy w ten sposób wyrażenie postaci

$$s_1 - s_2 - s_3 - \ldots - s_k,$$

gdzie s_1, s_2, $\ldots$, s_k są albo pojedynczymi zmiennymi, albo blokami postaci

$$(x_i - x_{i+1} - \ldots - x_j).$$

(2) Każdy blok postaci

$$(x_i - x_{i+1} - x_{i+2} - \ldots - x_j)$$

zastępujemy wyrażeniem

$$(((\ldots(x_i - x_{i+1}) - x_{i+2}) - \ldots - x_{j-1}) - x_j).$$

(3) Całe wyrażenie

$$s_1 - s_2 - s_3 - \ldots - s_k,$$

w którym bloki s_2, ..., s_k zostały już zastąpione odpowiednimi wyrażeniami tak jak w punkcie 2, przekształcamy do postaci

$$((\ldots(s_1 - s_2) - s_3) - \ldots - s_{k-1}) - s_k.$$

To kończy dowód. ■

Zilustrujmy trzy kroki dowodu twierdzenia na przykładzie wyrażenia

$$x_1 - x_2 + x_3 - x_4 - x_5 + x_6 + x_7 - x_8 + x_9.$$

Najpierw przekształcamy je do postaci

$$x_1 - (x_2 - x_3) - x_4 - (x_5 - x_6 - x_7) - (x_8 - x_9).$$

Następnie wyrażenie $x_5 - x_6 - x_7$ zastępujemy wyrażeniem $(x_5 - x_6) - x_7$. Otrzymujemy zatem

$$x_1 - (x_2 - x_3) - x_4 - ((x_5 - x_6) - x_7) - (x_8 - x_9).$$

Wreszcie dostajemy

$$(((x_1 - (x_2 - x_3)) - x_4) - ((x_5 - x_6) - x_7)) - (x_8 - x_9).$$

W zadaniu *Minusy* wystarczyło wykonać jedynie pierwszy krok z powyższego dowodu, a więc po prostu zastąpić wszystkie bloki postaci

$$x_i + x_{i+1} + \ldots + x_j$$

blokami postaci

$$(x_i - x_{i+1} - \ldots - x_j).$$

W tym celu należy każdą grupę znaków $++\ldots+$ zastąpić grupą znaków $--\ldots-$ tej samej długości, ujmując ją w nawias. Program wzorcowy działa następująco:

(1) Wczytuje znak $-$ i wypisuje znak $-$ (korzystamy tu z założenia z treści zadania, że istnieje co najmniej jedno poprawne rozwiązanie, zatem pierwszym znakiem będzie minus).

(2) Wczytuje kolejne znaki i dla każdego znaku oprócz pierwszego:

- jeśli ten znak jest różny od poprzedniego, to wypisuje nawias otwierający lub zamykający (otwierający dla zmiany $-+$ i zamykający dla zmiany $+-$);
- wypisuje znak $-$.

(3) Jeśli ostatnim znakiem był znak $+$, to wypisuje nawias zamykający.

Inny sposób polega na tym, że po wczytaniu każdego znaku $-$ wypisujemy znak $-$, a po wczytaniu znaku $+$ zaczynamy zliczać kolejne znaki $+$; gdy zakończy się seria k znaków $+$, wypisujemy nawias otwierający, następnie k znaków $-$ i wreszcie nawias zamykający.

Dodatek: Zliczanie rozstawień nawiasów

Przypuśćmy, że mamy dane działanie dwuargumentowe $\circ$ i rozważamy wyrażenie postaci $x_1 \circ x_2 \circ \ldots \circ x_n$. W tym wyrażeniu możemy rozstawić nawiasy (tak, by zawsze wykonywać działanie na dwóch argumentach) na wiele sposobów. Na przykład dla $n = 4$ mamy następujące sposoby:

$$\begin{aligned}
&(x_1 \circ x_2) \circ (x_3 \circ x_4),\\
&((x_1 \circ x_2) \circ x_3) \circ x_4,\\
&x_1 \circ (x_2 \circ (x_3 \circ x_4)),\\
&(x_1 \circ (x_2 \circ x_3)) \circ x_4,\\
&x_1 \circ ((x_2 \circ x_3) \circ x_4).
\end{aligned}$$

Liczba różnych sposobów rozstawienia nawiasów w wyrażeniu $x_1 \circ x_2 \circ \ldots \circ x_n$ jest równa $(n-1)$-szej *liczbie Catalana*. Liczby te można obliczyć ze wzoru

$$C_k = \frac{1}{k+1} \cdot \binom{2k}{k},$$

gdzie C_i oznacza i-tą liczbę Catalana. Poniżej podajemy kilka początkowych liczb Catalana:

C_0	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}
1	1	2	5	14	42	132	429	1430	4862	16796

Znamy również wzór rekurencyjny

$$C_k = C_0 \cdot C_{k-1} + C_1 \cdot C_{k-2} + \ldots + C_{k-1} \cdot C_0 = \sum_{i=0}^{k-1} C_i \cdot C_{k-i-1}.$$

Powróćmy do wspomnianego zadania. Jeśli działanie $\circ$ jest *łączne*, tzn. spełnia warunek

$$a \circ (b \circ c) = (a \circ b) \circ c$$

dla dowolnych a, b i c, to niezależnie od sposobu rozstawienia nawiasów otrzymamy ten sam wynik. Jeśli zaś działanie $\circ$ jest niełączne, to różne sposoby rozstawienia nawiasów mogą prowadzić do różnych wyników (przy zachowaniu tej samej kolejności argumentów x_1, x_2, $\ldots$, x_n). Jednak możemy otrzymać co najwyżej C_{n-1} różnych wyników.

Przykładem działania niełącznego w zbiorze liczb rzeczywistych jest działanie odejmowania. Mamy na przykład:

$$2 - (3 - 5) = 4 \quad \text{oraz} \quad (2 - 3) - 5 = -6.$$

Możemy zatem zadać naturalne pytanie o to, czy różne sposoby rozstawienia nawiasów w wyrażeniu postaci

$$x_1 - x_2 - x_3 - \ldots - x_n$$

mogą prowadzić do C_{n-1} różnych wyników. Okazuje się jednak, że nie. Popatrzmy na przykład:

$$x_1 - (x_2 - (x_3 - x_4)) = (x_1 - (x_2 - x_3)) - x_4 = x_1 - x_2 + x_3 - x_4.$$

Zatem już dla $n = 4$ dwa różne sposoby rozstawienia nawiasów prowadzą do tego samego wyniku, a więc liczba możliwych wyników jest mniejsza od C_{n-1}.

Wnioskiem z twierdzenia 1 jest to, że dla działania odejmowania istnieje dokładnie 2^{n-2} sposobów rozstawienia nawiasów w wyrażeniu

$$x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - \ldots - x_n,$$

prowadzących do różnych wyrażeń algebraicznych.

Warto zwrócić uwagę na fakt, że dla $n \geqslant 4$ mamy nierówność

$$C_{n-1} > 2^{n-2}.$$

Zadanie to prowokuje natychmiast do zadania następującego pytania: na ile różnych sposobów można rozstawić nawiasy w wyrażeniu

$$x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - \ldots - x_n,$$

by otrzymać z góry zadane wyrażenie postaci

$$x_1 - x_2 \pm x_3 \pm x_4 \pm \ldots \pm x_n?$$

Pytanie to było treścią zadania *Nawiasy* z finału IX OI, istotnie trudniejszego od zadania *Minusy*.

Trójkąty jednobarwne

IV Olimpiada Informatyczna (1996/1997), etap III
Autor zadania i opisu rozwiązania: Wojciech Guzicki
Limit pamięci: 32 MB
https://oi.edu.pl/pl/archive/oi/4/tro

W przestrzeni rozmieszczono n punktów w taki sposób, że żadne trzy z nich nie są współliniowe. Następnie każdą parę tych punktów połączono odcinkiem i każdy odcinek pokolorowano na czarno albo na szaro. Trójkątem jednobarwnym nazwiemy każdy trójkąt mający wszystkie trzy boki tego samego koloru. Mamy daną listę wszystkich szarych odcinków. Chcemy znaleźć liczbę wszystkich trójkątów jednobarwnych.

Wejście

W pierwszym wierszu wejścia jest zapisana jedna liczba całkowita n ($3 \leqslant n \leqslant 1000$) oznaczająca liczbę punktów. W drugim wierszu jest zapisana jedna liczba całkowita m ($0 \leqslant m \leqslant 250\,000$) oznaczająca liczbę odcinków szarych.

W kolejnych m wierszach są zapisane po dwie liczby całkowite a, b ($1 \leqslant a \leqslant b \leqslant n$); są to numery wierzchołków będących końcami kolejnego odcinka szarego.

Wyjście

W jedynym wierszu wyjścia należy zapisać jedną liczbę całkowitą – liczbę trójkątów jednobarwnych.

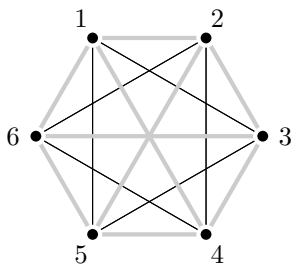
Przykład

Dla danych wejściowych:

```
6
9
1 2
2 3
2 5
1 4
1 6
3 4
4 5
5 6
3 6
```

poprawnym wynikiem jest:

```
2
```



Wyjaśnienie przykładu: Są dwa czarne trójkąty jednobarwne o wierzchołkach 1, 3, 5 oraz 2, 4, 6. W tym przykładzie nie ma szarych trójkątów jednobarwnych.