

PODSTAWA PROGRAMOWA INFORMATYKI W SZKOLE PONADPODSTAWOWEJ – ALGORYTYMIKA, PROGRAMOWANIE I MYŚLENIE KOMPUTACYJNE

Anna Beata Kwiatkowska
Wydział Matematyki i Informatyki UMK
aba@mat.umk.pl

Abstract. In a year we will start teaching IT in a post-primary school in accordance with the new core curriculum of general education. The introduction of algorithmics and programming, as well as the training of computational thinking from an early age at school, resulted in a change in the basis records also at the level of a secondary school. In the work we try to explain the doubts: Do we understand well the changes in the education of learners who will carry out the science of computer science in the extended field? Do we know how to implement IT in classes, where this subject will be taught at the basic level?

1. Koncepcja zmian w kształceniu informatycznym

Zmiany w podstawie programowej informatyki w szkole ponadpodstawowej są kontynuacją zmian, jakie nastąpiły w szkole podstawowej i dopełniają nową koncepcję nauczania tego przedmiotu. Koncepcja ta zakłada kształcenie u wszystkich uczniów myślenia komputacyjnego, rozumianego jako umiejętność rozwiązywania problemów z różnych dziedzin życia ze świadomym wykorzystaniem metod i technik wyływających z informatyki. Bazuje ona głównie na wprowadzeniu nauki algorytmiki i programowania dla wszystkich uczniów od najmłodszych lat w szkole, powiązaniu tej nauki z zagadnieniami wywodzącymi się z innych przedmiotów oraz wykorzystaniu nowoczesnych metod pracy z uczniem. Szczególną uwagę zwraca się również na zagadnienia dotyczące bezpieczeństwa informacji i aspektów prawnych związanych z ochroną wizerunku oraz własności intelektualnej. Rozwijana jest także umiejętność zespołowej pracy przy projektach informatycznych i projektach z innych dziedzin istotnie wykorzystujących informatykę.

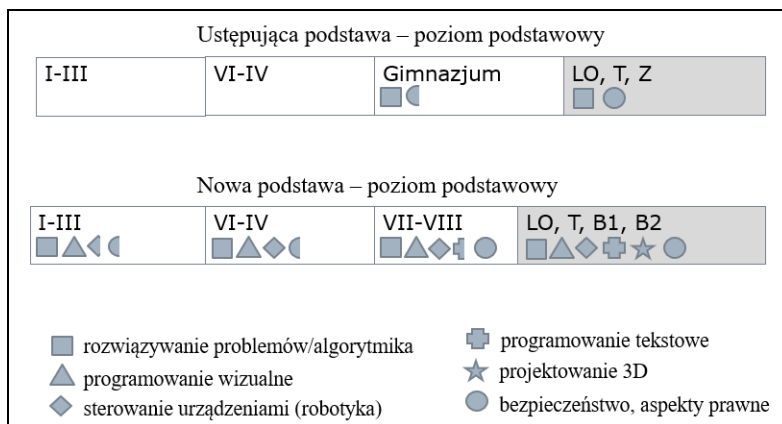
Na wszystkich etapach edukacyjnych w sposób spiralny realizowane są te same cele ogólne:

- I. Rozumienie, analizowanie i rozwiązywanie problemów na bazie logicznego i abstrakcyjnego myślenia, myślenia algorytmicznego i sposobów reprezentowania informacji.
- II. Programowanie i rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem komputera oraz innych urządzeń cyfrowych: układanie i programowanie algorytmów, organizowanie, wyszukiwanie i udostępnianie informacji, posługiwanie się aplikacjami komputerowymi.
- III. Posługiwanie się komputerem, urządzeniami cyfrowymi i sieciami komputerowymi, w tym: znajomość zasad działania urządzeń cyfrowych i sieci komputerowych oraz wykonywania obliczeń i programów.
- IV. Rozwijanie kompetencji społecznych, takich jak: komunikacja i współpraca w grupie, w tym w środowiskach wirtualnych, udział w projektach zespołowych oraz zarządzanie projektami.
- V. Przestrzeganie prawa i zasad bezpieczeństwa. Respektowanie prywatności informacji i ochrony danych, praw własności intelektualnej, etykiety w komunikacji i norm współżycia społecznego, ocena zagrożeń związanych z technologią i ich uwzględnienie dla bezpieczeństwa swojego i innych.

W myśl ustępującej Podstawy programowej, zagadnienia związane z algorytmiką i programowaniem w kształceniu na poziomie ogólnym praktycznie nie były realizowane na żadnym z etapów edukacyjnych, lecz tylko w klasach z rozszerzoną informatyką. Jedynie w szkole gimnazjalnej śladowo wspomniano o algorytmice, w nielicznych takich szkołach wprowadzano autorskie programy nauczania, które stwarzały warunki do realizowania szerszego zakresu tych zagadnień.

Sytuacja ta sprawiała, że tylko uczniowie, którzy po gimnazjum wybierali klasy z rozszerzoną informatyką, stykali się z prawdziwym obliczem tej dziedziny. Dodatkowo, ze względu na szeroki zakres nowych zagadnień, trudno było im opanować nowe treści i umiejętności przez niecałe trzy lata nauki. Wykształcenie umiejętności algorytmicznego myślenia i intuicji programistycznych wymaga znacznie dłuższego czasu. Można przypuszczać, że efektem tego podejścia było nabycie przekonania u uczniów, że informatyka jest przedmiotem trudnym przez co niewielka z nich liczba przystępowała do zdawania matury z informatyki. Niestety średnie wyniki tej matury w kraju również nie były zadowalające.

Nowa podstawa programowa informatyki wydłuża czas przeznaczony na proces poznawania zagadnień algorytmicznych i kształcenie umiejętności programowania na wszystkie etapy edukacji, stwarzając znakomite warunki do spiralnego rozwijania myślenia komputacyjnego. Dodatkowo jest w niej miejsce na możliwość pokazania zastosowań trudniejszych zagadnień informatycznych w rzeczywistości, realizację projektów informatycznych zintegrowanych z innymi przedmiotami.



Rysunek 1 Porównanie zakresu zagadnień w ustępującej i nowej podstawie programowej informatyki

W nauczaniu wczesnoszkolnym kształcone jest u uczniów intuicyjne rozumienie pojęć informatycznych. W tle różnorodnych zabaw i rozwiązywanych zagadek, często realizowanych bez komputera, leży postępowanie algorytmiczne i przygotowanie do tworzenia prostych programów.

Od klasy IV szkoły podstawowej stopniowo konkretyzowana jest nauka algorytmiki i programowania. Proste algorytmy przedstawiane są za pomocą wizualnego języka programowania i dotyczą zagadnień skorelowanych z wiadomościami i umiejętnościami z pozostałych przedmiotów.

W klasach VII-VIII realizowane są niektóre algorytmy, z którymi dawniej uczniowie zapoznawali się dopiero w liceum lub technikum. Dodatkowo pojawia się programowanie tekstowe, dzięki czemu uczniowie mogą zweryfikować swoje zdolności do abstrakcyjnego zapisu algorytmu w sposób zrozumiały dla maszyny. Świadomi swoich predyspozycji, w sposób odpowiedzialny będą wybierali dalszą drogę kształcenia w klasach z rozszerzoną informatyką w szkole ponadpodstawowej.

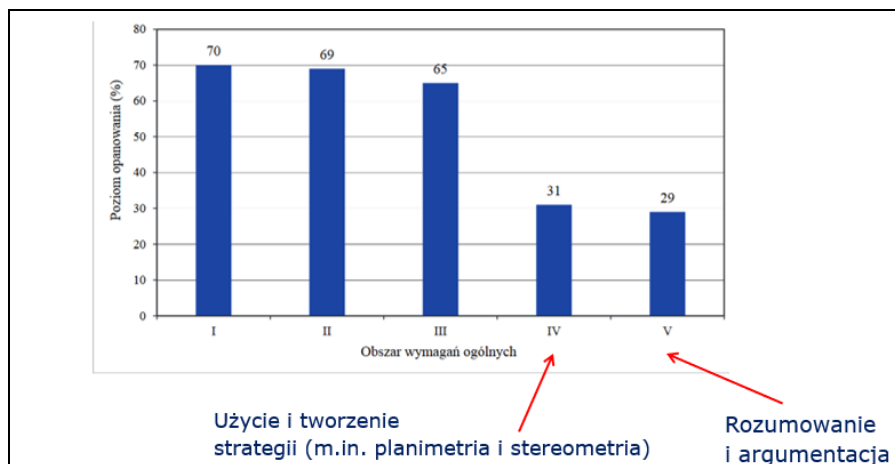
2. Kształcenie informatyczne na poziomie ogólnym w liceum i technikum

W myśl nowej Podstawy programowej w liceum i technikum wszyscy uczniowie będą realizowali informatykę w wymiarze trzech godzin w cyklu kształcenia, po jednej w pierwszej, drugiej i trzeciej klasie. Przez całą szkołę podstawową uczniowie są przygotowywani do tego etapu. Solidną podbudowę będą stanowiły poznane na tym etapie zagadnienia informatyczne i wykształcone umiejętności.

Absolwenci szkoły podstawowej będą znali i rozumieli niektóre algorytmy, nie powinno im sprawiać trudności rozważanie różnych dróg postępowania czy powtarzanie czynności. W klasach IV -VI poznali najprostsze algorytmy: obliczanie średniej, pisemne wykonywanie działań arytmetycznych takich jak dodawanie i odejmowanie, szukanie elementu w zbiorze uporządkowanym i nieuporządkowanym oraz elementu najmniejszego lub największego. Po tym etapie potrafią również wyróżnić podstawowe kroki w algorytmicznym rozwiązywaniu problemu takie jak: określenie problemu i celu do osiągnięcia, analiza sytuacji problemowej, opracowanie rozwiązania, sprawdzenie rozwiązania problemu dla przykładowych danych, zapisanie rozwiązania w postaci schematu lub programu i przetestowanie jego poprawności. Również formułują i zapisują w sposób zrozumiały dla komputera instrukcje sterujące robotem lub innym urządzeniem na ekranie. W klasach VII-VIII zostają wprowadzeni w świat algorytmów jednocześnie programując je w wizualnym i tekstowym języku programowania. Będą zatem potrafili zastosować przy rozwiązywaniu problemów: algorytm Euklidesa w obu wersjach iteracyjnych (z odejmowaniem i z resztą z dzielenia), porządkować elementy w zbiorze metodą przez proste wybieranie i zliczanie, a co najważniejsze, będą otwarci na eksperymentowanie z algorytmami i programowaniem. Pobudzona kreatywność pozwoli im na coraz szersze stosowanie informatycznego podejścia w rozwiązywaniu problemów z innych przedmiotów.

W szkole ponadpodstawowej lista rozwiązywanych problemów i nabywanych umiejętności jest poszerzana. Wyróżnia się w nich podproblemy w ten sposób, aby zilustrować podstawowe, ważne metody informatyczne: metodę binarną, postępowanie zachłanne oraz rekurencję. Tymi metodami uczniowie posługują się przy zespołowej realizacji projektów informatycznych rozwiązujących problemy z różnych dziedzin. Realizując projekty uczniowie zapoznają się z aplikacjami użytkowymi. Podczas swojej pracy korzystają z zasobów i środowisk w chmurze oraz udostępnionych na platformach do e-nauczania. Rozszerzana jest przy tym znajomość zasad postępowania składających się na szeroko rozumiane cyberbezpieczeństwo. Nowością jest również wprowadzenie projektowania modeli trójwymiarowych. W ten sposób wspomagane jest kształcenie wyobraźni przestrzennej, a informatyka wychodzi naprzeciw trudnościom związanym z takim modelowaniem w matematyce i innych dziedzinach, potwierdzonym np. wynikami matur.

Analizując listę algorytmów, które powinien poznać każdy uczeń, można zauważyć, że ich dobór nie był przypadkowy, ale oprócz poruszania istotnych tematów informatycznych otwiera możliwości utrwalania wiadomości i rozumienia zagadnień z różnych przedmiotów, stwarzając przestrzeń na realizowanie wspólnych dla przedmiotów projektów zespołowych. Poznawane metody informatyczne związane są ze sposobami postępowania w codziennym życiu.



Rysunek 2 Analiza wyników egzaminu maturalnego z matematyki w roku 2017 na poziomie podstawowym, źródło – CKE

Wyróżniona jest grupa algorytmów związanych z ważnymi zagadnieniami matematycznymi: badanie pierwszości liczby, zmiana reprezentacji liczb między systemami liczbowymi, działania na ułamkach z wykorzystaniem NWD i NWW. Omawianie ich jest znakomitą okazją do powtórzenia lub wprowadzenia np. zagadnień dotyczących dzielenia z resztą, potęgowania, obliczania wspólnego mianownika przy działaniach na ułamkach zwykłych i rozwiązywania ciekawszych z punktu widzenia konkursów matematycznych zadań geometrycznych, np. obliczania liczby punktów kratowych na brzegu trójkąta prostokątnego o przyprostokątnych równoległych do osi układu współrzędnych.

Warto uświadomić uczniom, że poszukiwanie informacji np. w Internecie, z punktu widzenia informatycznego sprowadza się do stosowania algorytmów wyszukiwania wzorca w tekście i porównywania tekstów. Algorytmy te również znajdują zastosowanie we wzornictwie – nawiązanie do porównywania tekstów może wiązać się z generowaniem symetrycznych wzorów, do których może przydać się znajomość własności palindromów. Podobnie algorytmy te wykorzystywane są w programach antyplagiatowych i mają duży związek z algorytmami genetycznymi. Dbałość zaś o bezpieczeństwo informacji cyfrowej wiąże się z umiejętnością szyfrowania. Znajomość podstawowych algorytmów na tekstach pozwoli zatem zrozumieć działania, jakie dzieją się w tle w czasie naszej pracy z informacją.

Większość czynności wykonywanych przez system operacyjny podczas pracy na komputerze wiąże się z porządkowaniem informacji. Nieustannie otrzymujemy w wybranym porządku listę folderów, plików, listę adresów z poszukiwanymi informacjami w zależności od ich popularności, czy listy rankingowe atrakcyjności in-

formacji ze względu np. na liczbę like'ów. Czynności tego rodzaju przybywa i poszukiwania powinny być prowadzone coraz szybciej. Poznawane bądź ponownie analizowane na tym etapie algorytmy porządkowania: proste wstawianie i metodą bąbelkową, w jasny sposób pozwalają przedyskutować możliwości przyspieszenia ich działania przez nawiązanie do wstawiania binarnego, czy wykonywanie kolejnego etapu sortowania bąbelkowego do ostatniej zamiany w poprzednim etapie. Dodatkowo dają możliwość zilustrowania metody zrównoleglenia algorytmów i wykonywania ich na wielu procesorach jednocześnie, co znakomicie może przyspieszyć ich wykonanie. Tym samym nawiązujemy do szeroko pojętej optymalizacji działań w rozwiązywaniu różnych problemów.

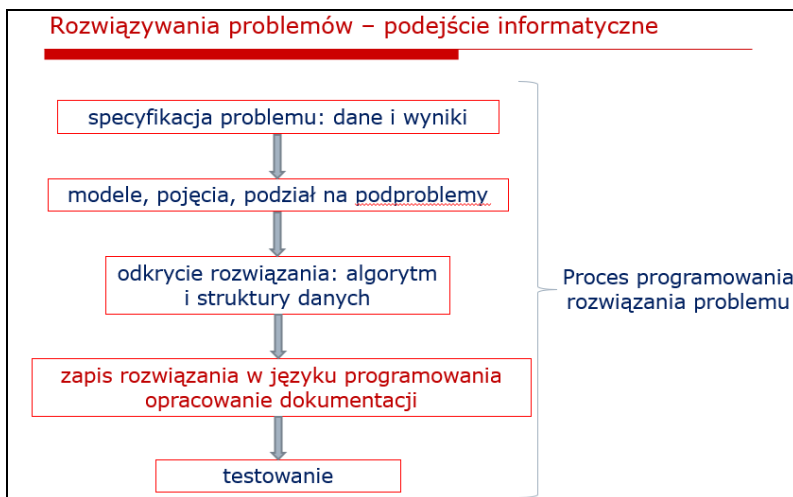
Bacillus anthracis str. A0248, complete genome					
Sequence ID: gb CP001598.1 Length: 5227419 Number of Matches: 1					
Range 1: 107399 to 107998 GenBank Graphics Next Match & Previous Match					
Score	Expect	Identities	Gaps	Strand	
1053 bits(570)	0.0	590/600(98%)	0/600(0%)	Plus/Plus	
Features: ykoB_protein					
Query 1	ATGGCAGACCAATATTTTCTAACGACCCCTCTAGTAAAGGTGATCGTAAGCGATGGAA	60			
Sbjct 107399	ATGGCAGACCAATATTTTCTAACGACCCCTCTAGTAAAGGTGATCGTAAGCGATGGAA	107458			
Query 61	TTACGCTTCGTGGATCAGTAATTAATCTTACTTACGACCGGGGGTCTCGAAAAAC	120			
Sbjct 107459	TTACGCTTCGTGGATCAGTAATTAATCTTACTTACGACCGGGGGTCTCGAAAAAC	107518			
Query 121	GAAGTGGACCTTGGTTCGTCTTTAAATGAAGCGTTCAAGTCCGAGATATAAAGGT	180			
Sbjct 107519	GAAGTGGACCTTGGTTCGTCTTTAAATGAAGCGTTCAAGTCCGAGATATAAAGGT	107578			
Query 181	GACATATTAGCGTAGTGTGGATATGGACCAATGGTTTATCGTTGGCGAAAGGATT	240			
Sbjct 107579	GATATATTAGCGTAGTGTGGATATGGACCAATGGTTTATCGTTGGCGAAAGGATT				
Streptococcus iniae SF1, complete genome					
Sequence ID: gb CP005941.1 Length: 2149844 Number of Matches: 1					
Range 1: 945081 to 945198 GenBank Graphics Next Match & Previous Match					
Score	Expect	Identities	Gaps	Strand	
63.9 bits(34)	2e-06	91/119(76%)	2/119(1%)	Plus/Plus	
Query 301	AATGCCCTAACCAAGAAATGGAAATGGCACATT				
Sbjct 107639	CAAGACCGTAAAGTTCACATGGTGGATGTGAATGA				
Query 361	TGAGATGGATGTATGCTGCTACTTCTACTAATCTT	Query 390	TAATCCTCCAACTCGTCAGGAAAGATA-TCGTGATGAGATTTAGAAAACTGTAG	448	
Sbjct 107759	TGAGATGGATGTATGCTGCTACTTCTACTAATCTT	Sbjct 945081	TAATCCACCCATTCGTGC-IGTAAAGAAAGTCGTCATGAGATTTAGAAAAAGTATCG	945139	
Query 421	GTGCATGAGATTTAGAAAAAGCTGAGAACATTAG	Query 449	AACATTTAGTTCAGGTGGAGGTTGGGATGTTATTCAAAGAAACAGGTGCACCA	507	
Sbjct 107819	GTGCATGAGATTTAGAAAAAGCTGAGAACATTAG	Sbjct 945140	ATTACTTGTTGATGGCGGATTTAAKATTTGTTATTCAAAGAAACAGGTGCACCA	945198	
Query 481	GTATTCAAAGAAACAGGTGCACCACTTCGCTG				
Sbjct 107879	GTATTCAAAGAAACAGGTGCACCACTTCGCTG				107938
Query 541	GAAGTGGAGTTGTAGAAAAAGGATATATATCTAAATCAAAGAAAGCTTGA	600			
Sbjct 107939	GAAGTGGAGTTGTAGAAAAAGGATATATATCTAAATCAAAGAAAGCTTGA	107998			

Rysunek 3 Porównanie sekwencji nukleotydowych DNA w bazie BLAST

Podejście rekurencyjne dobrze opisuje często wykonywane czynności w rodzaju: zrób coś, a z resztą, jeśli istnieje, zrób to samo. Począwszy od wkładania klocków do pudełka i jedzenia kaszki, aż do generowania wzorów fraktalnych i ich wykorzystania tej metody w architekturze, muzyce, projektowaniu nowoczesnych technologii (np. fraktalna antena w telefonach komórkowych).

Omawiane tu algorytmy uczeń powinien umieć zaprojektować i zaprogramować w wizualnym i tekstowym języku programowania, stosując przy tym: instrukcje wejścia/wyjścia, wyrażenia arytmetyczne i logiczne, instrukcje warunkowe, instrukcje iteracyjne, funkcje z parametrami i bez parametrów i testuje poprawność programów. Należy pozostawić dużą swobodę w zakresie doboru środowiska informatycznego, aplikacji oraz zasobów i wykorzystywanych elementów robotyki.

Najlepszą metodą realizowania podstawy programowej informatyki na poziomie podstawowym jest nauka przez realizację interdyscyplinarnych projektów zespołowych. Zaczynamy od sformułowania problemu i przechodzimy przez wszystkie etapy jego rozwiązywania. Podczas tych czynności zachęcamy uczniów do poznawania nowych zagadnień i nabywania nowych umiejętności.



Rysunek 4 Podejście informatyczne w rozwiązywaniu problemu

3. Kształcenie informatyczne na poziomie rozszerzonym w liceum i technikum

Kształcenie informatyczne na poziomie rozszerzonym jest realizowane od pierwszej klasy i przez wszystkie lata w tym cyklu kształcenia. Treści podstawy programowej na poziomie podstawowym są obowiązkowe. Zapisy dla kształcenia rozszerzonego zostały unowocześnione. Istotną zmianą jest podzielenie zagadnień algorytmicznych na trzy grupy. Pierwszą grupę stanowią algorytmy, które uczeń obowiązkowo zna i programuje. Jest to niezbyt rozbudowany wykaz, ze względu na to, że z częścią algorytmów uczeń zapoznał się już w szkole podstawowej. Są to algorytmy leżące u podstaw informatyki, ilustrujące jednocześnie możliwości optymalizacji działań i podstawowe struktury danych. Druga grupa algorytmów to zagadnienia, do których rozwiązania uczeń wykorzystuje algorytmy obowiązkowe lub ich własną modyfikację lub rozszerzenie. Takie podejście wspiera rozwój kreatywności i samodzielnego myślenia przy szukaniu rozwiązania problemu. Trzecia grupa to algorytmy, których uczeń nie musi umieć programować, jednak potrafi objasnić i zilustrować ich działanie oraz zastosowania. Jest to znakomity materiał do

wzbudzenia dyskusji, opracowania różnych form prezentacji multimedialnych, pracy zespołowej. W przypadku, gdy uczniowie mają większe zdolności informatyczne algorytmy te mogą być również zaprogramowane. W kształceniu rozszerzonym uczeń nie tylko wykorzystuje, ale również współtworzy zasoby na e-platformie, stosuje dobre praktyki w zakresie ochrony informacji wrażliwych, respektuje prawo i normy etyczne.

Odniesienie się do algorytmów z wszystkich trzech grup daleko wykracza poza objętość tej pracy, dlatego skupimy się na jednym zagadnieniu objaśniającym pojęcie do algorytmów i zagadnień z grupy trzeciej.

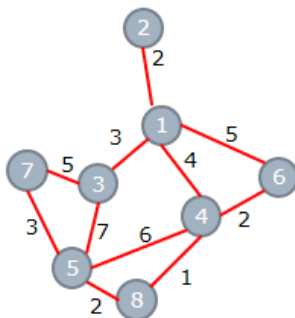
Współcześnie, w czasie szybkiego przyrostu ilości informacji, bardzo istotna jest umiejętność przechowywania i szybkiego przetwarzania dużych zbiorów danych. Silnie związane z tym zjawiskiem są pręźnie rozwijające się dziedziny naukowe: badania operacyjne i analiza danych. Badania operacyjne to dyscyplina naukowa zajmująca się rozwiązywaniem problemów z różnych dziedzin przez podejmowanie optymalnych decyzji. Analiza danych to dyscyplina naukowa zajmująca się przetwarzaniem danych w celu uzyskania na ich podstawie użytecznych informacji i wniosków. Coraz większą popularnością na świecie cieszy się matematyka stosowana, która dostarcza metod matematycznych, statystycznych i informatycznych dla przetwarzania dużych zbiorów danych oraz łączy obydwie te dyscypliny.

W nowej podstawie programowej informatyki na poziomie rozszerzonym do przedstawiania abstrakcyjnego modelu sytuacji problemowych wprowadzono grafy. W tych strukturach mogą być przechowywane różnorodne, powiązane ze sobą informacje. Odkrywanie własności tych struktur często prowadzi do uzyskania użytecznych informacji i wniosków wynikających ze zgromadzonych danych i optymalizacji działań. Wiele problemów grafowych odnosi się do relacji, które mogą modelować relacje społeczne. Teoria grafów, która jest dyscypliną naukową dostarcza wielu metod i algorytmów do analizy informacji. Nawiązanie do grafów w szkole jest wyjściem naprzeciw trendom światowym, rozwija wyobraźnię abstrakcyjną.

Zaprogramowanie struktur danych dla grafów oraz algorytmów z nimi związanych może być zbyt trudne dla przeciętnego ucznia nawet w klasie z rozszerzoną informatyką. Dlatego tematyka ta znalazła się w grupie trzeciej algorytmów, dla których nie ma obowiązku pisania programów. Przedstawienie różnych sytuacji problemowych za pomocą grafów, może być ciekawym tematem dla uczniowskich prezentacji, podczas których objaśnią oni, jak własności tych abstrakcyjnych struktur przekładają się na rozwiązywanie rzeczywistych problemów.

Można rozważać wiele zagadnień poczynając od znalezienia liczby i liczności grup znajomych osób, rozwiązania problemu idola, przez szukanie najkrótszej drogi, budowę dróg między miastami o jak najmniejszym koszcie całkowitym, ustalanie kolejności czynności np. w procesie produkcji, minimalizacja kosztu instalo-

wania kamer w nowoczesnych osiedlach domów, aż do maksymalizacji liczby pakietów informacji przepływających w sieci Internet.



Rysunek 5 Przykładowy graf z wagami modelujący np. zagadnienie najkrótszych dróg (szare wierzchołki z numerami to miasta, połączenia wierzchołków to drogi, wartości przy połączeniach to długości dróg).

4. Kształcenie informatyczne w szkole branżowej po szkole gimnazjalnej

W szkole branżowej I stopnia po szkole gimnazjalnej obowiązuje dotychczasowa podstawa programowa realizowana w wymiarze jednej godziny w cyklu kształcenia. Ustępująca podstawa określa w nadmiarze niektóre zagadnienia niezwiązane z algorytmiką i programowaniem, w stosunku do nowej podstawy w szkole podstawowej, liceum i technikum. Pomija jednak m. in. zapisy związane z algorytmiką i programowaniem niezbędne do kształcenia myślenia komputacyjnego.

W szkole branżowej II stopnia po szkole gimnazjalnej obowiązuje nowa podstawa programowa z informatyki. Informatyka jest realizowana w wymiarze dwóch godzin w cyklu kształcenia. Zapisy nowej podstawy programowej są uzupełnieniem dotychczas zrealizowanych tematów w szkole branżowej I stopnia o zagadnienia związane z algorytmiką i programowaniem określone dla klas VII-VIII, projektowaniem trójwymiarowym oraz cyberbezpieczeństwem i znacząco rozwijają myślenie komputacyjne.

5. Kształcenie informatyczne w szkole branżowej po szkole podstawowej

W szkole branżowej po szkole podstawowej obowiązuje nowa podstawa programowa informatyki i realizowana jest w niej w całości idea kształcenia myślenia komputacyjnego. Łącznie, w szkole branżowej I stopnia i II stopnia informatyka jest

realizowana na trzech godzinach – jednej godzinie w szkole branżowej I stopnia i dwóch godzinach w szkole branżowej II stopnia. Na obydwu etapach kształcenia branżowego łącznie realizowane są wszystkie zagadnienia przeznaczone dla kształcenia ogólnego w liceum i technikum z odpowiednim podziałem na jedną i dwie godziny.

Literatura

1. BLAST - Basic Local Alignment Search Tool, <http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
2. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Wprowadzenie do algorytmów, WNT, Warszawa 1997.
3. Daniel J., Pacholek M., Berner J., Dąbrowski H., Sprawozdanie z egzaminu maturalnego 2017, CKE, Warszawa 2017
4. Podstawa programowa kształcenia ogólnego z komentarzem, Szkoła podstawowa, Informatyka, ORE MEN, czerwiec 2017 roku
5. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 14 lutego 2017 r. w sprawie podstawy programowej wychowania przedszkolnego oraz podstawy programowej kształcenia ogólnego dla szkoły podstawowej, w tym dla uczniów z niepełnosprawnością intelektualną w stopniu umiarkowanym lub znacznym, kształcenia ogólnego dla branżowej szkoły I stopnia, kształcenia ogólnego dla szkoły specjalnej przysposabiającej do pracy oraz kształcenia ogólnego dla szkoły policealnej, <http://www.dziennikustaw.gov.pl/DU/2017/356>
6. Rozporządzenie Ministra Edukacji Narodowej z dnia 30 stycznia 2018 r. w sprawie podstawy programowej kształcenia ogólnego dla liceum ogólnokształcącego, technikum oraz branżowej szkoły II stopnia, <http://dziennikustaw.gov.pl/du/2017/356/1>.
7. Wilson R.J., Wprowadzenie do teorii grafów, PWN, Warszawa 2005.