

Rozdział 1

Wprowadzenie teoretyczne

1.1 Teoria ewolucji

Teoria zaprezentowana przez uczonego przyrodnika i geologa Charlesa Darwina w 1859 w pierwszym wydaniu jego książki, “The Origin of Species”, podsumowującej lata pracy i zebrane doświadczenia na temat rozwoju gatunków. W ogólności teoria ewolucji głosi, że wszystkie organizmy żywe są ze sobą spokrewnione i pochodzą od jednego wspólnego przodka. Świat istot żywych podlega ciągłym i stopniowym zmianom, dążącym do adaptacji organizmów, a wszystkie zmiany te są wynikiem doboru naturalnego. [1]

Teoria Darwina opiera się na pewnym zbiorze zasad [1], [2]:

- Prawo zmienności powszechnej i bezkierunkowej
Wyjaśnia, iż jedynie zmienność dziedziczna ma wpływ na ewolucję. Zmienność niedziedziczna, nie wpływa na jej przebieg.
- Prawo różnorodności gatunków
Głosi, że gatunki dzielą się na podgatunki potomne, lub w procesie pączkowania wytwarzają innego rodzaju organizmy potomne.
- Prawo walki o byt
Jest to mechanizm redukujący nadmiar populacji, będący czynnikiem napędzającym proces ewolucji. Walka o byt może się odbywać między różnymi gatunkami w układzie ofiara - drapieżnik lub w obrębie jednego gatunku w wyniku konkurencji o tę samą niszę ekologiczną.

- Prawo doboru naturalnego
Przeżywają jedynie osobniki najlepiej przystosowane, a formy pośrednie wymierają, co prowadzi do coraz większej rozbieżności cech w następnych pokoleniach i powstania z czasem form bardzo różniących się od pra-przodka i powstawania nowych gatunków.
- Prawo dziedziczenia
Bezpośrednio łączy się z powyższym prawem. Osobniki słabsze, częściej padające ofiarą, mają mniejsze szanse na rozmnażanie, a co za tym idzie na przekazanie swojego zestawu cech. Powstają organizmy potomne, dziedziczące jedynie cechy od silnych osobników, które przetrwały.

Wszystkie tezy zostały potwierdzone dzięki badaniom z dziedziny biologii molekularnej, ekologii oraz biogeografii.

1.2 Ewolucja Organiczna

Ewolucja to proces stopniowej przemiany osobników (zarówno zwierząt jak i roślin), który w ostateczności może doprowadzić do powstania nowych gatunków. Przemiana ta może dotyczyć zarówno cech morfologicznych jak i fizjologicznych. Jej istotą jest zmiana składu materiału genetycznego organizmów potomnym w stosunku do organizmów rodzicielskich. [3] Zmiany te mogą być wynikiem różnych mechanizmów:

1.2.1 Mutacje i zmienność rekombinacyjna

Występowanie tych dwóch mechanizmów ma charakter losowy. Zmienność rekombinacyjna jest wynikiem mieszania się materiału genetycznego, natomiast mutacje spowodowane są zmianami w obrębie jednego organizmu. Mutacje być typu punktowego (dotyczące jednego nukleotydu) lub obejmować większy odcinek DNA (chromosomowe). Wśród nich wyróżniamy:

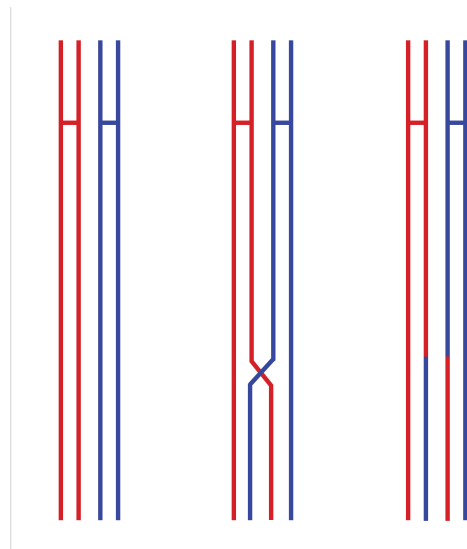
- substytucję,
- delecję,
- insercję,
- tranzycję,
- transwersję
- inwersję,

- deficycję,
- translokację. [4]

Zmienność rekombinacyjna zachodzi dzięki zjawiskom takim jak: crossing over, niezależna segregacja chromosomów i połączenie gamet.

Crossing-over

Crossing-over, inaczej krzyżowanie, jest zjawiskiem wymiany materiału genetycznego między chromatydami nie siostrzanymi chromosomów homologicznych podczas procesu mejozy. [5] Schemat zachodzenia crossing-over zaprezentowano na grafice rys. 1.1. Chromosomami homologicznymi nazywamy parę chromosomów pochodzących, po jednym, od osobników rodzicielskich.



Rys. 1.1 Profaza mejozy - crossing-over

1.2.2 Dobór naturalny

To czynnik nadający ewolucji kierunkowy i przystosowawczy charakter. Ma na celu zwiększenie stopnia przystosowania (adaptacji) do warunków środowiskowych zarówno na poziomie osobniczym jak i genowym. Organizmy posiadające korzystne cechy mają większą szansę na przeżycie i rozmnażanie, co prowadzi do zwiększania częstości występowania korzystnych genów w populacji.

1.2.3 Dryft genetyczny (zjawisko Wrighta)

Dryftem genetycznym nazywa się wahania częstotliwości występowania genu nie wynikające z działania doboru naturalnego, migracji, czy mutacji. Jest efektem losowych zmian w ilości alleli w kolejnych pokoleniach. [6]

1.2.4 Hybrydyzacja (krzyżowanie)

Hybrydyzacja to proces polegający na krzyżowaniu się osobników, będących przedstawicielami różnych genetycznie populacji, w wyniku którego może powstać potomstwo mieszańcowe. Może to doprowadzić do powstania nowych gatunków, lub przyczynić się do zwiększenia różnorodności genetycznej populacji, bądź pojawienia się w populacji nowych korzystnych cech. [7]

1.3 Strategie ewolucyjne (ES)

Pojęcie strategii ewolucyjnych powstało w latach pięćdziesiątych XX wieku, gdy naukowcy postawili sobie za cel wykorzystanie teorii ewolucji Darwina oraz zasady doboru naturalnego na zbiorze potencjalnych wyników do ich optymalizacji. [8] W 1975 roku profesor J.H. Holland jako pierwszy opracował koncept algorytmów genetycznych, które zaprezentowano w książce “Adaption in Natural and Artificial Systems”. Zaproponował on, by zamodelować chromosomy w postaci ciągów zer i jedynek. Tak przygotowany zbiór wejściowy z łatwością ulegać może “ewolucji” poprzez mutację, selekcję, czy też crossing-over. [8] Słownik pojęć niezbędnych do poruszania się po temacie zaprezentowano w tabeli 1.1

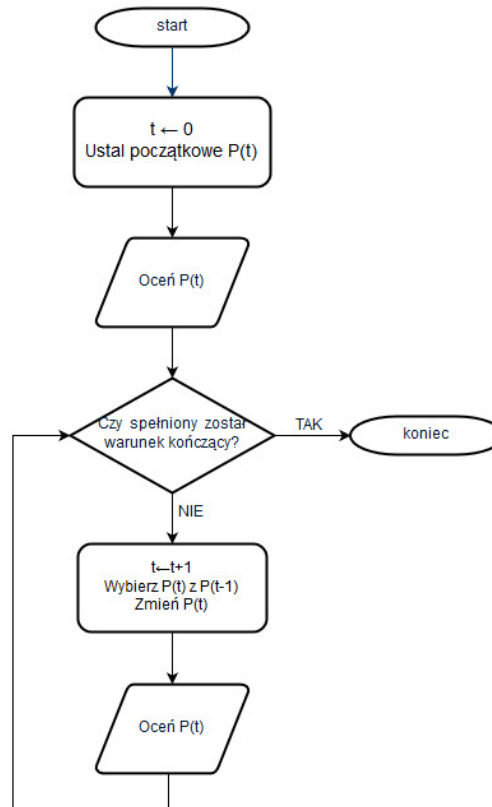
1.3.1 Algorytm ewolucyjny (EA), Algorytm Genetyczny (GA)

Algorytmem ewolucyjnym nazywamy algorytm probabilistyczny, opierającego się na zasadach obowiązujących w ewolucji organicznej [9], dla którego generowany jest zbiór osobników $P(t) = \{x_1^t, \dots, x_n^t\}$ w każdej iteracji t . Każdy osobnik przedstawia potencjalne rozwiązanie zadanego problemu i posiada swoją reprezentację jako struktura danych S . Obiekty zbioru oceniane są w oparciu o ich “dopasowanie”. W iteracji $t + 1$ tworzy się nową populację osobników. Jest ona wynikiem selekcji najlepiej “dopasowanych” obiektów z iteracji t . Niektóre z wybranych podlegają transformacji (mutacja / crossing-over) dając nowe rozwiązania. Po zakończeniu działania algorytmu oczekuje się, iż najlepsze możliwe osobniki znajdują się w zbiorze końcowym i reprezentują rozwiązanie znajdujące

| Pojęcie | Objaśnienie |
|----------------|--|
| Chromosom | Zakodowana forma potencjalnego rozwiązania zadanego problemu. Ciąg uporządkowanych genów. |
| Gen | Element składowy chromosomu. |
| Osobnik | Dla algorytmów genetycznych, równoważny z pojęciem chromosomu. Niekiedy jednak prezentowany jako zespół chromosomów (genotyp). |
| Fenotyp | Odpowiednik genotypu w przestrzeni odkodowanej. |
| Populacja | Zbiór osobników o określonej liczebności. |
| Przystosowanie | Przystosowanie osobników do zadanego problemu. Oceniane za pomocą funkcji przystosowania. Im większy stopień przystosowania, tym lepsze rozwiązanie. |
| Selekcja | Proces filtracji najlepiej dopasowanych osobników z spośród populacji. Wybrane chromosomy trafiają do populacji rodzicielskiej, przygotowywanej do rekombinacji genów. |
| Krzyżowanie | Rekombinacja genów chromosomów rodzicielskich, której wynikiem jest chromosom potomnym o zmienionym składzie. Patrz 1.2.4 |
| Rodzic | Chromosom wybrany do krzyżowania. |
| Potomek | Wynik krzyżowania pary rodziców. |
| Mutacja | Proces zamiany genów w obrębie jednego chromosomu bez wpływu chromosomów rodzicielskich. Patrz 1.2.1 |

Tab. 1.1 Słownik pojęć podstawowych

się blisko optymalnego (rozwiązanie rozsądne). [10]] W ten sposób unika się przeszukiwania całej przestrzeni w poszukiwaniu rozwiązania, a jedynie wybierana zostaje niewielka populacja jej przedstawicieli. A dzięki mutacjom otrzymuje się rozwiązania coraz lepsze, bliskie optimum. Ogólny schemat blokowy działania algorytmu przedstawiono na rysunku 1.2.



Rys. 1.2 Struktura programu ewolucyjnego

Podczas analizy literatury stwierdzono, iż nazwy “algorytm ewolucyjny” oraz “algorytm genetyczny” stosuje się zamiennie i poniższym tekście również przyjęto taką koncepcję.

1.3.2 Algorytm genetyczny a program ewolucyjny

Na podstawie algorytmów ewolucyjnych powstały programy ewolucyjne. Ich struktura pozostaje taka sama, jednak różnice widać na niższym poziomie. Dla algorytmów przyjęto zapis w postaci skończonego, uporządkowanego ciągu jasno zdefiniowanych czynności, koniecznych do wykonania pewnego zadania. Konieczny do rozszyfrowania tego zapisu jest specjalny parser, który zamienia ciąg

w wykonalną funkcję oraz rozpoznaje ewentualne zmiany stanu (wywołane mutacją, bądź crossing-over), które mogłyby zagrażać jego działaniu. W porównaniu do tego program ewolucyjny jest przedstawiony jako struktura drzewiasta czynności i wartości. Również niezbędny jest parser, jednak pomniejszony o świadomość stanów (te ukryte są wewnątrz struktury).

Poza tym znaczącą różnicę stanowi reprezentacja chromosomów. Dla algorytmów ewolucyjnych/genetycznych chromosomy muszą być w formie binarnej, natomiast program pozwala nam na zdefiniowanie dowolnych struktur. Związane z tym jest również zapotrzebowanie na wprowadzenie spersonalizowanych operatorów genetycznych, odpowiednich dla zadanej struktury i zadania, podczas gdy algorytmy korzystają z podstawowych operatorów.

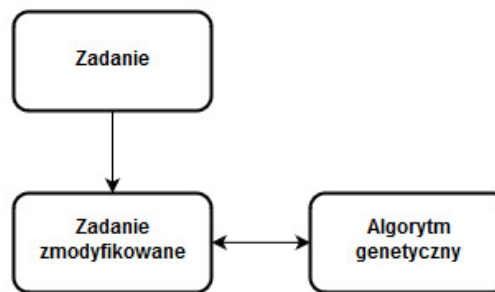
Algorytmy genetyczne wymagają modyfikacji zadania (przetworzenie na łańcuch binarny). Nie jest to zadaniem łatwym i niekiedy może wymagać użycia parserów, czy też algorytmów naprawy. Np. Reprezentacja indeksów liczby z zakresu od 1 - 5, możliwa jest dzięki 3 bitom. Jednak podczas procesu mutacji mogą powstać indeksy wykraczające poza zakres (6-8). Zmienienie ich wartości do zgodnych z zakresem wymaga użycia specjalnego algorytmu naprawy. Programy ewolucyjne, w odróżnieniu, wymagają zmiany reprezentacji chromosomowej potencjalnych rozwiązań oraz wytworzenia odpowiednich operatorów genetycznych do działania na wytworzonych strukturach. Zależności te w sposób schematyczny przedstawiono na rysunkach rys. 1.3, rys. 1.4.

1.3.3 Wymagania

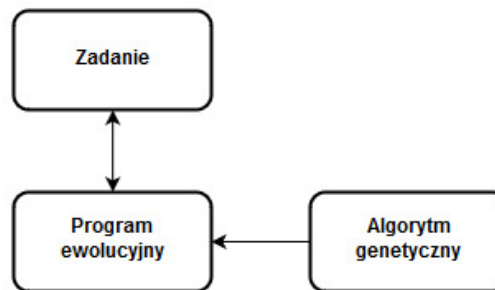
Zarówno program jak i algorytm posiadają listę wymagań, które muszą zostać spełnione, by zapewnić ich poprawne działanie. [10]

Musi istnieć:

- zbiór z reprezentacją możliwych rozwiązań problemu,
- metoda generowania początkowej populacji potencjalnych rozwiązań,
- funkcja oceniająca, do oceny “dopasowania” rozwiązań,
- operator “genetyczny”, wpływający na populację,
- parametr populacji niezbędny algorytmowi (np. rozmiar populacji, prawdopodobieństwo mutacji, długość wykonywania się algorytmu itp.)



Rys. 1.3 Schemat działania algorytmu genetycznego.



Rys. 1.4 Schemat działania programu ewolucyjnego.

Spis treści

Bibliografia

- [1] A. Alzohairy. Darwin's theory of evolution. 04 2009.
- [2] J. Kominek. Prawa ewolucji Darwina. <http://wiw.org/~jkominek/lojban/9402/msg00074.html>, 1994. [Online; dostęp 09.02.19].
- [3] *Encyklopedia Powszechna PWN*. PWN, 1973.
- [4] Typy mutacji. [https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/%3C?%20echo%20\\$baseUrl;%20?%3E/mutations_031](https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/%3C?%20echo%20$baseUrl;%20?%3E/mutations_031). [Online; dostęp 09.02.19].
- [5] Definicja crossing-over. <https://biologydictionary.net/crossing-over/>. [Online; dostęp 09.02.19].
- [6] *Encyklopedia Biologiczna*. GREG Krakow, 2017. Wydanie drugie, poprawione.
- [7] K.A. Jadwiszczak A.Chrzanowska. Rola hybrydyzacji międzygatunkowej w kształtowaniu zmienności genetycznej oraz morfologicznej brzoź (betula l.). 2015.
- [8] B. Kanber L. Jakobson. *Genetic Algorithms in Java Basics*. Apress, 2015.
- [9] O algorytmach genetycznych. <https://www.toptal.com/algorithms/genetic-algorithms>. [Online; dostęp 09.02.19].
- [10] Z.Michalewicz. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1999.