

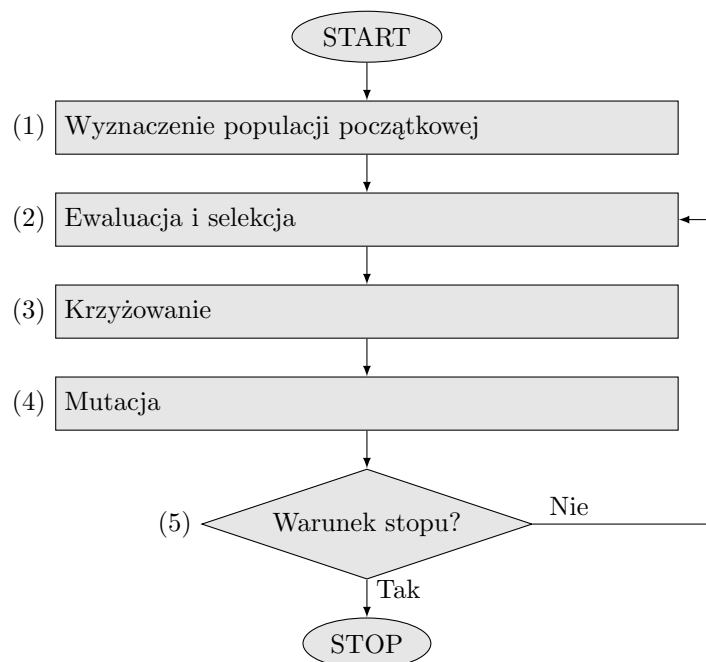
Algorytmy Metaheurystyczne

Laboratorium 3

Algorytmy populacyjne

prowadzący: dr inż. A. Gnatowski, dr inż. R. Idzikowski, dr inż. J. Rudy

Algorytmy populacyjne w przeciwieństwie do algorytmów przeszukiwania lokalnego operują na zbiorze rozwiązań zwanym populacją. Znacząco grupa algorytmów populacyjnych to algorytmy ewolucyjne, a w szczególności algorytmy genetyczne. Wspólną cechą wszystkich algorytmów ewolucyjnych jest mechanizm rozwiązywania problemu inspirowany biologicznym procesem doboru naturalnego i ewolucji. Algorytm genetyczny (z ang. *Genetic Algorithm*, GA) został zaproponowany przez Hollanda. Na rysunku 1 pokazano schemat GA. Inną dużą grupą algorytmów populacyjnych są algorytmy oparte na inteligencji roju (mrówki, pszczoły itp.).



Rysunek 1: Schemat prostego algorytmu genetycznego

Krok 1 Pierwszym krokiem algorytmu GA jest wygenerowanie populacji początkowej. Każdy osobnik z populacji składa się z następujących elementów:

- *genotyp* – jeden lub więcej *chromosomów*, a chromosom to ciąg kodowy genów reprezentujący rozwiązanie,
- *fenotyp* – wartość liczbową odpowiadająca genotypowi, w tym wypadku wartość funkcji celu.

Gen to pojedynczy element (cecha), dla TSP jest to miasto do odwiedzenia. Poprzez *locus* oznacza się pozycję genu w chromosomie. Sposób generowania populacji początkowej ma istotny wpływ na efektywność GA. Zbyt podobna populacja początkowa może prowadzić do przedwczesnej zbieżności algorytmu. Konkretnie osobniki można generować analogicznie jak w przypadku algorytmów lokalnego poszukiwania: (1) losowo lub (2) stosując heurystykę. W algorytmach wyspowych istnieje w tym samym czasie kilka odizolowanych od siebie populacji (każda na innej wyspie), a możliwość wymiany informacji między nimi jest możliwa jedynie co kilkanaście lub kilkadziesiąt pokoleń (iteracji). Wybór populacji o zbyt dużym rozmiarze będzie prowadził do znacznego wydłużenia czasu pracy GA.

Krok 2 Kolejnym krokiem algorytmu jest selekcja (wybór) bieżącej populacji rodziców, która będzie używana w procesie krzyżowania. Jeden (zazwyczaj dobrze przystosowany) osobnik może zostać wybrany kilka razy, a inny słabszy ani razu. W literaturze najczęściej spotyka się następujące rodzaje selekcji:

1. Losowa (jednorodna) – każdy osobnik ma równe szansa bycia wybranym,
2. Ruletka – lepiej przystosowane osobniki mają większą szansę bycia wybranym niż słabsze (koło ruletki o zmieniaj szerokości przegródek),
3. Turniej – wybór najlepszego osobnika z pośród k losowych osobników.

Należy pamiętać, że rozmiar populacji w trakcie czasu pracy algorytmu najczęściej jest stały. Każdą selekcję poprzedza ewaluacja (ocena) populacji.

Krok 3 Krzyżowanie jest procesem tworzenia osobników potomnych na bazie osobników rodzicielskich tak by powstałe „dzieci” były częściowo podobne do „rodziców” (jest to poniekąd odpowiednik sąsiadów w metaheurystykach poszukiwania lokalnego). Najczęściej przyjmuje się model w którym na wejściu jest para rodziców, a na wyjściu para dzieci, ale nie jest to jedyna możliwość. Generalnie procedurę tworzenia osobników potomnych nazywamy operatorem krzyżowania lub krócej krzyżowaniem. Krzyżowania mogą być jedno-, dwu- lub wielopunktowe. W krzyżowaniu zawsze jest przepisywania część genotypu jednego z rodziców, tzw. fragment dopasowania wyznaczony poprzez punkty podziału. Następnie bazując na informacji genetycznej drugiego rodzica należy wyznaczyć pozostałe geny. W przypadku niektórych problemów (np. chromosomy binarne) krzyżowanie nie jest zazwyczaj trywialne. Jednakże dla wielu problemów, w tym dla komiwojażera, osobnik potomny może reprezentować rozwiązanie niedopuszczalne (np. powstały ciąg nie jest permutacją). Dobrze zaprojektowany operator krzyżowania gwarantuje powstanie osobników reprezentujących rozwiązania dopuszczalne. Jeśli tak nie jest można zastosować dodatkowe procedury naprawcze.

Dla problemu komiwojażera popularne są następujące operatory krzyżowania:

1. Losowo (*Half Crossover*, HX),
2. Z zachowaniem porządku (*Order Crossover*, OX),
3. Z częściowym mapowaniem (*Partially Mapped Crossover*, PMX).

Wymieniono jedynie najbardziej popularne typy krzyżowania. W standardowym modelu drugi potomek powstaje przy założeniu tych samych punktów przecięcia, ale zamieniając rodziców miejscami. Niezależnie od typu krzyżowania powinno się zagwarantować, aby wybrano dwóch różnych rodziców, w celu uniknięcia tworzenia duplikatów danego osobnika. Ponadto zazwyczaj stosuje się prawdopodobieństwo zajścia krzyżowania, w przypadku niepowodzenia para jest pomijana lub przepisywana do pokolenia dzieci. W niektórych implementacjach po etapie krzyżowania istnieje możliwość powstania większej liczby dzieci niż wielkość populacji. Wtedy nadmiar zostaje odrzucony w trakcie procesu selekcji. Można się spotkać również z dedykowanymi krzyżowaniami wyłącznie dla danego problemu.

Krok 4 Z pewnym prawdopodobieństwem każdy osobnik może zostać poddany mutacji. Poprzez mutację rozumiane jest zazwyczaj losowe zaburzenie. Celem mutacji jest zwiększenie różnorodności genetycznej oraz dodanie do populacji genów obecnie w niej niereprezentowanych. Przeciwdziała to przedwczesnej zbieżności algorytmu. Prawdopodobieństwo mutacji jest zwykle kilka lub kilkunastokrotnie mniejsze niż prawdopodobieństwo krzyżowania. Mutację najczęściej wykonuje się poprzez wykonanie ruchu znanego z algorytmów lokalnego poszukiwania (zamień, wstaw, odwróć itd.).

W przypadku tzw. algorytmów memetycznych wykonywana jest dodatkowa procedura. Algorytmy te bowiem nie bazują na genach (informacja genetyczna, zależna wyłącznie od genomu rodziców), ale na memach (informacja kulturowa/środowiskowa, zależna od środowiska w którym osobnik „dorasta”). Przykładowo, umiejętności pływania czy mówienia po polsku nie mają podłoża genetycznego, a mimo to dzieci rodziców posiadających te umiejętności zwykle same je posiadają. Wspomniana procedura jest więc niejako symulacją „dorastania/uczenia się” osobnika. Typowym sposobem realizacji takiej metody jest zastosowanie metaheurystyki poszukiwania lokalnego (np. TS) lub innej heurystyki (np. 2-OPT z uciętym czasem trwania) z danym osobnikiem jako rozwiązaniem początkowym. Procedura taka nie powinna jednak działać zbyt długo.

Krok 5 W algorytmach populacyjnych każdą iterację algorytmu nazywamy pokoleniem. Poza tym możliwe warunki stopu są w zasadzie analogiczne jak przy algorytmach lokalnego poszukiwania.

Decyzje projektowe Poniżej znajduje się lista najważniejszych elementów metody GA co do których należy podjąć decyzję dotyczącą sposobu ich implementacji (elementy obowiązkowe) lub czy w ogóle będą zaimplementowane (elementy opcjonalne):

1. Metoda generowania populacji początkowej i jej rozmiar.
2. Liczba populacji (wyspy) i struktura połączeń (migracji) między innymi.
3. Możliwość przechowywania dodatkowej informacji o osobniku (wiek, położenie itp.).
4. Wybór metody selekcji.
5. Elitaryzm.
6. Wybór operatora krzyżowania.
7. Metoda poprawiania pojedynczego osobnika.
8. Wybór operatora mutacji.
9. Wykrywanie i przeciwdziałanie stagnacji oraz zbieżności populacji.
10. Warunek stopu algorytmu.
11. Optymalizacje kodu.
12. Wykorzystanie obliczeń równoległych.

Ponadto istnieje możliwość implementacji innych algorytmów populacyjnych, w szczególności bazujących na inteligencji roju, między innymi:

- algorytm mrówkowy (*Ant Colony System*),
- sztuczna kolonia pszczoł (*Artificial Bee Colony*).