

Marian TUREK

Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania

Katedra Zarządzania Przedsiębiorstwem i Organizacji Produkcji

MOŻLIWOŚCI ZASTOSOWANIA ALGORYTMÓW EWOLUCYJNYCH W PROCESIE ZARZĄDZANIA PROJEKTAMI

Streszczenie. Prawidłowe planowanie to jeden z istotnych elementów powodzenia projektu. Praca stanowi wstępny opis wykorzystania algorytmów ewolucyjnych do poszukiwania optymalnych planów opartych na mechanizmach doboru naturalnego i dziedziczności. Zalety takiego podejścia stanowią o szerokich możliwościach jego stosowania.

THE POSSIBILITY OF APPLICATION OF EVOLUTIONARY ALGORITHMS

Summary. Correct planning is one of the most important elements of a successful project. This paper is an introductory description of application of evolutionary algorithms in the process of advantages of such approach of wide possibilities of its application.

1. Istota zarządzania projektami

Zarządzanie projektami to dyscyplina integrująca całość zagadnień związanych z realizacją projektów. Polega na wykorzystywaniu do działań projektowych wiedzy, umiejętności, narzędzi i technik w celu osiągnięcia lub przekroczenia oczekiwań i potrzeb głównych udziałowców projektu. Praca w trybie procesowym (operacyjnym) została dość dobrze rozpoznana już w początkowym etapie rozwoju technologii "taśmy montażowej", a zarządzanie procesami traktowane jest nadal jako "klasyka" managementu. Obecnie koniecznym elementem rozwoju większości współczesnych organizacji stały się projekty. Współczesne warunki dynamicznego, konkurencyjnego rynku powodują, że większość

organizacji zmuszona jest podejmować różne projekty, napotykając na poważne problemy z ich realizacją. Zarządzanie projektami "chroni" powstające wyniki projektu przed nieprzewidzianymi wpływami otoczenia. Gdy przedmioty odbioru zostają przekazane użytkownikom, ich "ochrona" (zarządzanie projektem) nie jest już konieczna i projekt zostaje zamknięty.

Zarządzanie projektem oznacza umiejętne używanie dostępnych technik w celu doprowadzenia projektu do końca w ustalonym terminie i w ramach budżetu i osiągnięcia założonych celów. Wymaga ono ścisłej kontroli, dobrej woli współpracy oraz swobodnego dostępu do informacji.

Ważnym elementem zarządzania projektem jest sporządzenie jego planu. Główne etapy planowania projektu są następujące:

- wyznaczenie celów głównych i częściowych,
- określenie zadań,
- określenie punktów kontrolnych – „kamieni milowych”,
- ustalenie harmonogramu realizacji zadań i osiągania celów,
- ustalenie budżetu.

Podstawowym warunkiem etapu planowania projektu jest posiadanie wystarczająco szczegółowej wizji, jego realizacji. Pozwala to w późniejszym okresie na efektywne nadzorowanie jego przebiegu. Kontrola dotyczy:

- przedziałów czasowych (programowania realizacji),
- kosztów,
- ogólnego zaawansowania projektu,

i jej celem jest:

- ujawnienie tych punktów, w których początkowy plan nie jest respektowany; przeanalizowanie przyczyn tych odchyłeń,
- wyciągnięcie z nich wniosków dotyczących możliwych do przewidzenia konsekwencji, mających wpływ na przebieg pozostałej części projektu,
- poszukiwanie rozwiązań umożliwiających, mimo zaobserwowanych odchyłeń, utrzymanie wyjściowego celu projektu lub, jeśli to jest niemożliwe, dostarczenie kierownictwu projektu odpowiednich informacji, w celu zmodyfikowania celów wyjściowych, a nawet całkowitego zaniechania dalszej realizacji.

Realizacja każdego projektu jest związana z pewnym ryzykiem. Kontrola realizacji powinna zawierać więc okresową ocenę ewolucji tego ryzyka.

Podstawowym celem zebrania informacji, z określoną częstotliwością ich przetwarzania, jest umożliwienie prowadzenia monitorowania ułatwiającego podejmowanie decyzji korygujących. Informacja bardzo dokładna, ale spóźniona, prowadzi bądź do powstania

czynników, które stały się nieodwracalne lub zbyt kosztowne do skorygowania, bądź do działań korygujących, które mogą się stać bardziej kosztowne ze względu na przedział czasu między stwierdzeniem obserwacji a bezwładnością odchylenia.

2. Planowanie projektu

Prawidłowe planowanie to jeden z istotnych elementów powodzenia projektu. Nie można sobie wyobrazić dobrze zrealizowanego projektu, który wcześniej nie został rzetelnie zaplanowany. Dla osiągnięcia sukcesu w procesie zarządzania projektem etap planowania musi być zrealizowany w sposób przemyślany i systematyczny. Warto przy tym jednak pamiętać, że mimo bardzo dużych wysiłków trzeba się liczyć z niespodziankami, które mogą być przyczyną porażki. W literaturze dotyczącej tego zakresu dominują metody i techniki znane w projektach inżynierskich. Plan projektu jest efektem wcześniej realizowanych działań. Definiowanie potrzeby, sformułowanie zadania, określenie wymogów, budowanie prognoz i badań dostępnych zasobów to zespół działań wstępnych.

Kompleks tych działań szczegółowo przeanalizowany, poddany selekcji i zespolony tworzy plan. Plan ten charakteryzuje projekt w kontekście trzech wymiarów: zasoby ludzkie, czas i środki finansowe. Z każdym z tych czynników wiążą się zespół instrumentów i zespół technik planistycznych.

Czynnik czasu jest opisywany za pomocą harmonogramów, które są budowane przy wykorzystaniu różnorodnych narzędzi często prostych, ale przeważnie o dużym stopniu skomplikowania. Umożliwia to określenie, kiedy powinny być rozpoczęte poszczególne działania. W praktyce zarządzania projektem najbardziej popularne są: wykresy Gantta i metody sieciowe.

To, że dysponujemy dobrymi narzędziami planistycznymi oraz potrafimy je umiejętnie wykorzystać, nie daje pewności stworzenia idealnego planu. Sama istota planowania, kreowanie przyszłości świadczy o tym, że mamy pewien poziom niepewności. Niepewność - to poziom trafności przewidywań, która decyduje o tym, czy prognozy są prawidłowe. Nawet najbardziej starannie zbudowany plan jest wyłącznie szacunkiem tego, co może się zdarzyć. Realizując projekty, wykonujemy prace nowatorskie w niezwykle obszernej przestrzeni. W tym kontekście bardzo istotne jest, aby uświadomić sobie, do jakiego stopnia niepewność wpływa na konstrukcję planu.

Niezwykle ważna jest świadomość, w jaki sposób niepewność decyduje o procedurach planistycznych. Plan w dużym stopniu zależy od poziomu niepewności związanego z danym projektem. Jeżeli projekt jest przygotowywany w warunkach niewielkiej niepewności, to

można sobie pozwolić na tworzenie planów o dużym stopniu szczegółowości, bowiem mamy dużą wiedzę o tym, jak dokładnie będzie przebiegał projekt.

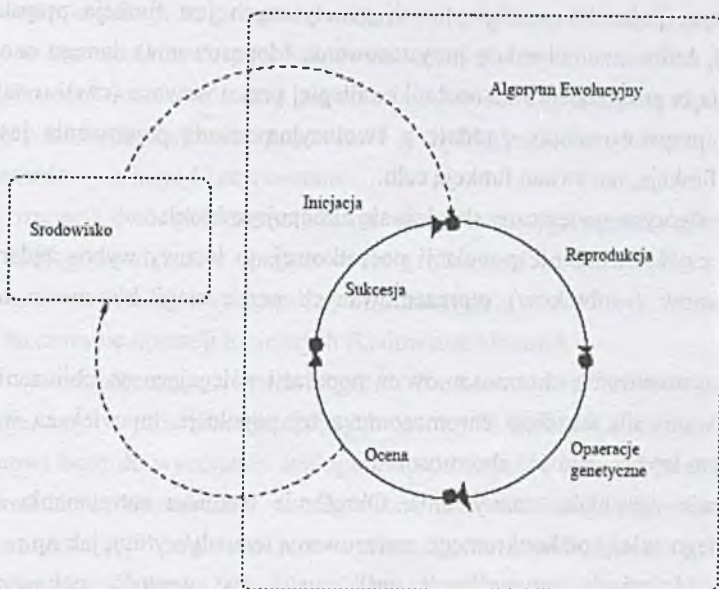
Natomiast w przypadku projektów obarczonych dużą niepewnością nie jesteśmy w stanie dokładnie planować. Brak pełnej informacji uniemożliwia prognozę kolejności zdarzeń. Zdarza się, szczególnie w projektach o wysokim poziomie innowacyjności, że metoda prowadzenia projektu zależy w istotnym stopniu od kolejnych odkryć, które są dokonywane w czasie realizacji projektu. Stąd też plan tego projektu nie może być dokładnie sprecyzowany. Wyjściem w takiej sytuacji okazuje się planowanie stopniowe czy też kroczące. Trzeba mieć przy tym świadomość, iż podejmowanie prób zaplanowania całego projektu w warunkach niepewności na ogół okazuje się nieskuteczne. Dla planowania projektu istotne jest także to, aby odróżnić niepewność i złożoność.

W świetle przedstawionych wcześniej argumentów celowe wydaje się poszukiwanie nowych metod rozwiązywania tych problemów. Warto się więc zastanowić nad wykorzystaniem algorytmów ewolucyjnych do poszukiwania w przestrzeni alternatywnych rozwiązań, opartych na mechanizmach doboru naturalnego, jak również dziedziczności. Trzeba przy tym dodać, iż z jednej strony prostota, a z drugiej uniwersalność stwarza szerokie możliwości stosowania. Podejście to jest wykorzystywane w projektowaniu technicznym, na przykład w oprogramowaniu wymagającym oprogramowania CAD.

3. Idea algorytmów ewolucyjnych w planowaniu projektu

Algorytm ewolucyjny – EA (Evolutionary Algorithm) = Algorytm genetyczny – GA (Genetic Algorithm) to rodzaj algorytmu służący do przeszukiwania przestrzeni alternatywnych rozwiązań, a jego celem jest wyszukiwanie najlepszych rozwiązań postawionego problemu. Sposób działania algorytmów genetycznych nieprzypadkowo przypomina zjawisko ewolucji biologicznej, ponieważ ich twórca John Henry Holland właśnie z biologii czerpał inspiracje do swoich prac. Idea algorytmu ewolucyjnego odbywa się przez realizację swoistej pętli przedstawionej na rys.1.

Algorytmy te rozwijane są w nurcie badań dotyczących zaawansowanych systemów planowania. Każdy z systemów planowania ma własną logikę działania i jest rozwiązaniem koncepcyjnie niezależnym. Dynamiczny rozwój algorytmów genetycznych jest rezultatem poszukiwań efektywnych sposobów rozwiązania problemów optymalizacyjnych. W ramach tych badań są rozwijane różne podejścia, jednakże ze względu na zacieranie się różnic tych badań nie klasyfikuje się.



Rys. 1. Schemat algorytmu ewolucyjnego [14]

Fig. 1. The schema of evolutionary algorithms [14]

Podejścia ewolucyjne są oparte na teoriach naturalnej ewolucji. W naturze osobnikami są żywe organizmy. W algorytmie ewolucyjnym osobnikami populacji są zakodowane w postaci chromosomów zbiory parametrów zadania, czyli potencjalne rozwiązania, określane też jako punkty przestrzeni poszukiwań. Chromosomy, inaczej łańcuchy lub ciągi kodowe, to uporządkowane ciągi genów. Wybór populacji początkowej wiąże się z przedstawieniem parametrów zadania w postaci chromosomów (gdzie zakodowany jest fenotyp i ewentualnie pewne informacje pomocnicze dla algorytmu genetycznego). Chromosom składa się z genów. Długość chromosomu zależy od warunków zadania – od ilości punktów przestrzeni poszukiwań. Chromosomami mogą być takie struktury jak np.: wektory liczb rzeczywistych, macierze, czy nawet harmonogramy produkcji (tab. 1).

Tabela 1

Pojęcia genetyczne i ich odpowiedniki w algorytmie genetycznym

GENETYKA	ALGORYTM GENETYCZNY
chromosom	ciąg kodowy
gen	cecha, znak (w ciągu kodowym)
allel (odmiana genu)	wariant cechy
genotyp	struktura (zbiór ciągów kodowych)
fenotyp	zbiór parametrów, rozwiązanie, punkt, itd.

Bardzo ważnym pojęciem w algorytmach genetycznych jest funkcja przystosowania (fitness function), która stanowi miarę przystosowania (dopasowania) danego osobnika do populacji. Funkcja ta pozwala wybrać osobniki najlepiej przystosowane (czyli o największej wartości funkcji przystosowania); zgodnie z ewolucyjną zasadą przetrwania jest zwykle optymalizowana funkcja, nazywana funkcją celu.

Na klasyczny algorytm genetyczny składają się następujące kroki:

1. Inicjacja, czyli utworzenie populacji początkowej, to losowy wybór żądanej liczby chromosomów (osobników) reprezentowanych przez ciągi binarne o określonej długości.
2. Ocena przystosowania chromosomów w populacji polegająca na obliczeniu funkcji przystosowania dla każdego chromosomu z tej populacji. Im większa wartość tej funkcji, tym lepsza „jakość” chromosomu.
3. Sprawdzenie warunków zatrzymania. Określenie warunku zatrzymania algorytmu genetycznego zależy od konkretnego zastosowania tego algorytmu, jak np.:
 - a. w zagadnieniach optymalizacji, jeśli znana jest wartość maksymalna (lub minimalna) funkcji przystosowania, zatrzymanie algorytmu może nastąpić po uzyskaniu żądanej wartości optymalnej, ewentualnie z określoną dokładnością,
 - b. zatrzymanie algorytmu może również nastąpić, jeśli dalsze jego działanie nie poprawia już uzyskanej wartości,
 - c. algorytm może także zostać zatrzymany po upływie określonego czasu działania lub po określonej iteracji.

Jeśli warunek zatrzymania jest spełniony, następuje przejście do ostatniego kroku, czyli wprowadzenia „najlepszego” chromosomu. Jeśli nie, to następnym krokiem jest selekcja.

Selekcja chromosomów polega na wybraniu, na podstawie obliczonych wartości funkcji przystosowania tych chromosomów, które będą brały udział w tworzeniu potomków do następnego pokolenia, czyli następnej generacji. Wybór ten odbywa się zgodnie z zasadą naturalnej selekcji, tzn. największe „szanse” na udział w tworzeniu nowych osobników mają chromosomy o największej wartości funkcji przystosowania.

Zastosowanie operatorów genetycznych do chromosomów wybranych metodą selekcji prowadzi do utworzenia nowej populacji, stanowiącej populację potomków otrzymywanych z wybranej metodą selekcji populacji rodziców. W klasycznym algorytmie genetycznym stosuje się dwa podstawowe operatory genetyczne: operator krzyżowania (crossover) oraz operator mutacji (mutation).

Krzyżowanie polega na połączeniu niektórych (wybierane losowo) genotypów w jeden. Działanie to ma sprawić, że potomek dwóch skrzyżowanych osobników ma cechy będące połączeniem cech rodziców (może się zdarzyć, że cech najlepszych). Sposób krzyżowania jest zależny od kodowania chromosomów i specyfiki problemu. Jednak można wyznaczyć kilka standardowych metod krzyżowania:

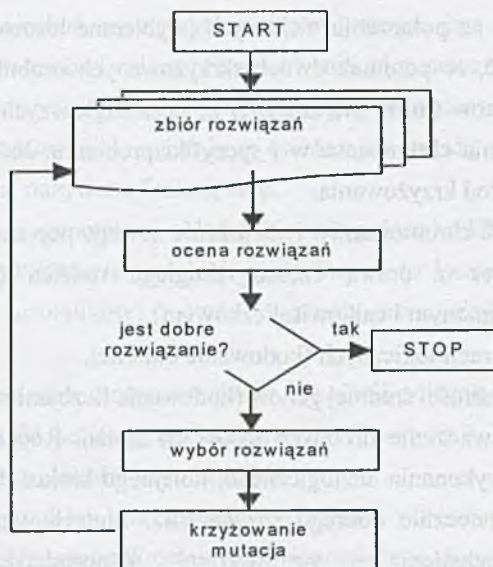
- rozcięcie dwóch chromosomów i stworzenie nowego poprzez sklejenie lewej części jednego rodzica z prawą częścią drugiego rodzica (dla chromosomów z kodowaniem binarnym i całkowitoliczbowym),
- stosowanie operacji logicznych (kodowanie binarne),
- wyznaczenie wartości średniej genów (kodowanie liczbami rzeczywistymi).

Mutacja, czyli wprowadzenie drobnych losowych zmian. Rodzi się drugie pokolenie, które stanowi bazę do wykonania analogicznego, kolejnego kroku. Potem trzecie, czwarte i tak do znalezienia dostatecznie dobrego rozwiązania. Mutacja wprowadza do genotypu losowe zmiany. Jej zadaniem jest wprowadzanie różnorodności w populacji, czyli zapobieganie (przynajmniej częściowe) przedwczesnej zbieżności algorytmu. Mutacja zachodzi z pewnym przyjętym prawdopodobieństwem. Jest ono na ogół niskie, ponieważ zbyt silna mutacja przynosi efekt odwrotny do zamierzonego: zamiast subtelnie różnicować dobre rozwiązania - niszczy je. Stąd w procesie ewolucji mutacja ma znaczenie drugorzędne, szczególnie w przypadku długich chromosomów.

Chromosomy otrzymane w wyniku działania operatorów genetycznych na chromosomy tymczasowej populacji rodzicielskiej wchodzi w skład nowej populacji. Populacja ta staje się tzw. populacją bieżącą dla danej iteracji algorytmu genetycznego. Mamy wówczas do czynienia z utworzeniem nowej populacji.

Wprowadzenie „najlepszego” chromosomu. Jeżeli spełniony jest warunek zatrzymania algorytmu genetycznego, należy wyprowadzić wynik działania algorytmu, czyli podać rozwiązanie problemu. Najlepszym rozwiązaniem jest chromosom o największej wartości funkcji przystosowania.

Przykładowe wykorzystanie algorytmu ewolucyjnego przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Poglądowy schemat działania algorytmu ewolucyjnego [10]
 Fig. 2. Visual schema of evolutionary algorithms' operation [10]

4. Reprezentacja w algorytmach genetycznych

Jedną z najbardziej istotnych decyzji przy stosowaniu podejść ewolucyjnych do rozwiązania określonych problemów jest specyfikacja przestrzeni rozwiązań, jaka będzie przeszukiwana przez algorytm ewolucyjny. Istnieją różne możliwości odwzorowania między punktem w przestrzeni reprezentacji (coding space) – chromosomem a punktem w przestrzeni rozwiązań (solution space) – harmonogramem. Szybkość i łatwość wykonania etapów algorytmów genetycznych zależy od stworzenia odpowiedniej reprezentacji (krzyżowanie, mutacja, selekcja). Jeśli dobrze zdefiniujemy warunki algorytmu (operatory genetyczne, reprezentacja osobnika, funkcja oceny), mamy duże szanse na znalezienie najlepszego rozwiązania (optimum globalnego funkcji). W praktyce czasem nietatwo jest spełnić ten warunek, gdyż problem tkwi właśnie w dobrym sprecyzowaniu rozwiązywanego problemu, tj.:

- reprezentacja osobnika – czyli jak zapisać, zdefiniować rozwiązanie, aby algorytm umiał nim skutecznie manipulować poprzez operatory genetyczne. W niektórych zadaniach rozwiązanie reprezentujemy jako wektor liczb binarnych, czasem rzeczywistych, innym razem macierz, drzewo decyzyjne czy wyrażenie algebraiczne. Tutaj pomysłowość projektanta ma decydującą rolę,

- operatory genetyczne – podstawowe to krzyżowanie i mutacja – budują nowe rozwiązania i powinny być tak zaprojektowane, aby w wyniku ich działania nie powstało rozwiązanie niedopuszczalne (np. w problemie komiwojażera rozwiązanie powinno zawierać cały zbiór miast i żadne miasto nie powinno występować więcej niż jeden raz),
- ocena (funkcja oceny) – niełatwo jest określić taką funkcję, którą przypisuje każdemu osobnikowi wartość proporcjonalną do jego "jakości".

Problemy te powodują, że algorytm genetyczny jest stosunkowo trudny do zastosowania, jednak jeśli przebrniemy te kwestie, implementacja jest już prosta. Jest to niewątpliwą zaletą algorytmu genetycznego. Największą wadą jest to, że algorytm ewolucyjny algorytmem nie jest! – algorytm genetyczny jest nazwą zwyczajową, a nie klasyfikującą, nie gwarantuje więc rozwiązania (osiągnięcia optimum). Wadą dla zwolenników formalnych opisów może być brak podstaw matematycznych algorytmu genetycznego. Zaletą dla praktyka jest skuteczność algorytmu genetycznego – sprawdza się przy optymalizacji, grupowaniu, klasyfikacji, sterowaniu, indukcji reguł i wielu innych zadaniach. Jeśli chodzi o zastosowania praktyczne jest użyteczny przy projektowaniu wszelakich urządzeń technicznych (gazociągi, samoloty, wymienniki ciepła itp.) zadaniach planowania, szeregowania, grach logicznych, ekonomii i innych.

Największą zaletą (obok skuteczności) jest fakt, że algorytm genetyczny do swojego działania nie potrzebuje „wiedzy dziedzinowej”, tj. wiedzy, jaką posłużyłby się ekspert z dziedziny problemu rozwiązując go. Załóżmy, że szukamy maksimum pewnej funkcji f – co potrzebujemy?

- reprezentacja osobnika - argumenty funkcji zapisane np. w kodzie dwójkowym (X, Y)
- operatory graficzne - zamiana jednego bitu w argumente to mutacja: połączenie dwóch rozwiązań jako krzyżowanie np. $(X_1, Y_1) + (X_2, Y_2) = (X_1, Y_2) + (X_2, Y_1)$
- funkcja oceny - nasza badana funkcja $f(X, Y)$.

Przy poszukiwaniu ekstremum nie korzystamy z pochodnej funkcji (w tym przypadku jest to nasza „wiedza dziedzinowa”). Innym przykładem może być problem układania planów (harmonogramowanie). Wiemy, jakie mamy sale wykładowe, prowadzących zajęcia, studentów, godziny. Mamy wszystko poza „wiedzą dziedzinową”, nie wiemy, jak trzeba układać dobry plan - jesteśmy go w stanie tylko subiektywnie ocenić (np. liczbą założonych ograniczeń).

5. Podsumowanie

Algorytmy ewolucyjne znajdują zastosowanie tam, gdzie nie jest dobrze określony lub poznany sposób rozwiązania problemu, ale znany jest sposób oceny jakości rozwiązania. Przykładem jest np. problem komiwojażera, gdzie należy znaleźć najkrótszą drogę łączącą wszystkie miasta, tak by przez każde miasto przejść tylko raz. Ocena jakości proponowanej trasy jest błyskawiczna, natomiast znalezienie optymalnej trasy kwalifikuje się do klasy problemów zupełnych. Przy zastosowaniu podejścia ewolucyjnego dobre rozwiązanie można znaleźć bardzo szybko (ale oczywiście pewni możemy być jedynie uzyskania rozwiązań suboptymalnych, możliwie jak najlepszych, co wynika z formalnie opisanej trudności problemów klasy).

Algorytmy genetyczne równie dobrze radzą sobie w znajdowaniu przybliżeń ekstremów funkcji, których nie da się obliczyć analitycznie. Wykorzystywane są również do zarządzania populacją sieci neuronowych. Używane są również do optymalizacji działania urządzeń mechanicznych i przy innych zadaniach projektowych, takich jak projektowanie układów ścieżek w układach scalonych. Stworzono ponadto eksperymentalny system, zbudowany na bazie algorytmów genetycznych, który sam produkuje roboty, poddaje ocenie fizycznego środowiska i optymalizuje pod kątem jak najlepszego poruszania się w tym środowisku.

Algorytm genetyczny jest metodą ciekawą nie do końca przebadaną. Każde kolejne zastosowanie algorytmu genetycznego wprowadza wiele nowego, ale podstawowe założenie algorytmu genetycznego nadal pozostaje takie samo: ewolucja rozwiązania w sztucznie zdefiniowanym środowisku.

Literatura

1. Burton C., Michael N.: Zarządzanie projektem. Wyd. Astrum, Wrocław 1999.
2. Chrościcki Z.: Zarządzanie projektem – zespołami zadaniowymi. Wyd. C.H. Beck, Warszawa 2001.
3. Chatfield C.S., Johnson T.D.: Microsoft Projekt – krok po kroku. Wyd. RM, Warszawa 2000.
4. Darnall R.W.: Najwspanialszy projekt świata. Wyd. Difin, Warszawa 2002.
5. Davidson Frame J.: Zarządzanie projektami w organizacjach. Wyd. WIG – Press, Warszawa 2001.
6. Karbownik A.: Zarządzanie projektem. Wykłady – praca niepublikowana, Zabrze 2004.
7. Korban P., Palka K.: Algorytmy ewolucyjne – referat AGH, Kraków 2004. (referat dostępny na stronie internetowej: <http://dione.ids.pl/~cypreess/ae.pdf>)

8. Krawiec F.: Zarządzanie projektem innowacyjnym produktu i usługi. Wyd. Difin, Warszawa 2001.
9. Mingus N.: Zarządzanie projektami. Wyd. Helion, Gliwice 2002.
10. Myszkowski P.B.: „Ewolucja + programowanie = rozwiązanie, Gazeta IT – Trendy: Obliczenia ewolucyjne” 2002.
11. Pritchard C.L.: Zarządzanie ryzykiem w projektach. Wyd. WIG – Press, Warszawa 2002.
12. Wilczewski S.: MS Project 2000. Ćwiczenia praktyczne. Wyd. Helion, Gliwice 2002.
13. Yen Yee Chong, Brown E.M.: Zarządzanie ryzykiem projektu. Wyd. Oficyna Ekonomiczna, Kraków 2001.
14. Strona internetowa: http://pl.wikipedia.org/wiki/Algorytm_genetyczny