



Politechnika Wrocławska

Wydział Informatyki i Zarządzania

kierunek studiów: Informatyka

specjalność: Inżynieria oprogramowania

Praca dyplomowa - magisterska

WIELOKRYTERIALNY PROBLEM
ROZMIESZCZENIA ZRASZACZY WODNYCH
NA ZADANEJ POWIERZCHNI
MULTICRITERIA WATER SPRINKLERS DEPLOYMENT PROBLEM
ON A GIVEN AREA

inż. Grzegorz Dziedzic

słowa kluczowe:
optymalizacja wielokryterialna,
algorytmy genetyczne,
zraszacze wodne

krótkie streszczenie:
SHORT ABSTRACT

| | | | |
|-----------|------------------------|--------------|---------------|
| Promotor: | dr Mariusz Fraś | | |
| | <i>imię i nazwisko</i> | <i>ocena</i> | <i>podpis</i> |

Do celów archiwalnych pracę dyplomową zakwalifikowano do:*

a) kategorii A (akta wieczyste)

b) kategorii BE 50 (po 50 latach podlegające ekspertyzie)

* niepotrzebne skreślić

pieczęć wydziałowa

Wrocław 2017

Niniejszy dokument został złożony w systemie L^AT_EX.

ABSTRACT PL

Streszczenie

ABSTRACT EN

Abstract

Spis treści

| | |
|---|-----------|
| Rozdział 1. Wstęp | 1 |
| 1.1. Wprowadzenie | 1 |
| 1.2. Cel pracy | 1 |
| 1.3. Przegląd literatury | 2 |
| 1.4. Opis pracy | 2 |
| Rozdział 2. Problem nawodnienia obszaru | 3 |
| Rozdział 3. Optymalizacja | 5 |
| 3.1. Optymalizacja jednokryterialna | 5 |
| 3.2. Optymalizacja wielokryterialna | 5 |
| Rozdział 4. Algorytmy genetyczne | 7 |
| 4.1. Opis ogólny | 7 |
| 4.2. Algorytmy wielokryterialne | 7 |
| 4.2.1. NSGA-II | 7 |
| 4.2.2. SPEA | 7 |
| Rozdział 5. Systemy wspomagania decyzji | 9 |
| Rozdział 6. Rozwiązanie problemu | 11 |
| 6.1. System wspomagania decyzji | 11 |
| 6.1.1. Architektura | 11 |
| 6.1.2. Interakcja z użytkownikiem | 11 |
| 6.2. Optymalizacja | 11 |
| 6.2.1. Model matematyczny | 11 |
| 6.2.2. Rezultaty | 11 |
| 6.2.3. Porównanie algorytmów genetycznych | 11 |
| Rozdział 7. Podsumowanie | 15 |
| Dodatek A. Appendix 1 | 17 |
| Bibliografia | 19 |

Rozdział 1

Wstęp

1.1. Wprowadzenie

Odpowiednie nawodnienie ogrodu jest jedną z podstawowych czynności pielęgnacyjnych. Gdy właściciel dysponuje odpowiednim budżetem najlepszym rozwiązaniem będzie dla niego inwestycja w automatyczny system nawadniania. System taki składa się z zraszaczy wodnych, rur pomiędzy nimi oraz systemu sterowania. Takie rozwiązanie pozwala zaoszczędzić czas tracony na ręcznym podlewaniu ogrodu oraz zapewnia równomierne nawodnienie na całej ustalonej powierzchni. Jednym z głównych problemów koniecznych do rozwiązania podczas instalacji takiego systemu jest odpowiednie rozmieszczenie poszczególnych zraszaczy. Te najczęściej znajdują się pod ziemią oraz posiadają wynurzalną głowicę. Z tego powodu raz zainstalowany zraszacz najczęściej zostaje na swoim miejscu, aż do momentu wymiany całej instalacji wodnej. Biorąc to pod uwagę rozmieszczenie zraszaczy powinno być dobrze przemyślane już podczas etapu projektowania systemu nawadniania. Projektując taki system należy przyjąć jako cel nawodnienie całości wskazanego obszaru jak najmniejszym kosztem przy przestrzeganiu wskazanych przez właściciela ograniczeń.

Proces projektowania sieci zraszaczy może być żmudny oraz długotrwały, biorąc pod uwagę różnorodność sprzętu dostępnego na rynku czy chociażby nieregularność powierzchni, która ma zostać nawodniona. Z pomocą może przyjść tutaj nowoczesna technologia. Opisany powyżej problem idealnie nadaje się do rozwiązania przy pomocy dostępnych algorytmów optymalizacyjnych. Praca ta będzie skupiać się na rozwiązaniu omówionego problemu poprzez opracowanie systemu wspomagania decyzji i implementację oraz porównanie wielokryterialnych algorytmów genetycznych.

1.2. Cel pracy

Opracowanie systemu wspomagania decyzji pozwalającego na rozwiązanie wielokryterialnego problemu rozmieszczenia zraszaczy wodnych na zadanej powierzchni oraz porównanie wybranych wielokryterialnych algorytmów genetycznych w kontekście wybranego problemu.

1.3. Przegląd literatury

Problem przedstawiony w temacie pracy nie był do tej pory poruszany w literaturze. Nie mniej jednak biorąc pod uwagę, opisane później, założenia przyjęte podczas realizacji pracy można znaleźć publikacje o tematyce zbliżonej, czyli takie w których autorzy starają się rozwiązać problem pokrycia danego obszaru (Area Coverage Problem).

W większości znalezionych publikacji do rozwiązania stawianego problemu używane są algorytmy ewolucyjne, w tym głównie algorytmy genetyczne. Przykładem jest "ŻEF", gdzie autorzy rozwiązują optymalizacyjny problem rozmieszczenia sensorów w sieci bezprzewodowej przy użyciu algorytmu genetycznego NSGA-II. Autorzy skupiają się na pokryciu określonego terenu sygnałem z jak najmniejszej ilości sensorów. Przedstawione wyniki są obiecujące - w 500 pokoleń ilość potrzebnych sensorów z BEGIN spadła do END. TODO

1.4. Opis pracy

W kolejnych rozdziałach opisane będą poszczególne zagadnienia związane z realizacją celu pracy. Najpierw dokładnie opisany zostanie problem nawodnienia obszaru, czyli problem z którym muszą zmagać się wszyscy projektanci ogrodów i systemów nawadniania. Następnie wyjaśnione zostaną pojęcia optymalizacji oraz optymalizacji wielokryterialnej, czyli dwa zagadnienia na których bazuje cała praca. W kolejnym rozdziale opisane zostaną algorytmy genetyczne, zarówno te w wersji podstawowej jak i wielokryterialnej wraz z ich wybranymi wersjami, tak aby przybliżyć czytelnikowi dlaczego i w jaki sposób one działają. W następnej kolejności zostanie wyjaśnione czym jest system wspomagania decyzji, jakie założenia powinien spełniać oraz jakimi funkcjonalnościami się wyróżniać. Kolejne rozdziały będą już odzwierciedleniem wykonanej pracy i dokładnym opisem przyjętego sposobu realizacji zadania. Najpierw dokładnie opisany zostanie opracowany system wspomagania decyzji. Zaprezentowana będzie architektura oraz przykładowe zrzuty ekranu pokazujące przygotowany interfejs graficzny. W kolejnym rozdziale skonkretyzowany zostanie problem optymalizacji. Przedstawiony będzie opracowany model matematyczny, przykładowe rezultaty oraz wyniki badań mające na celu porównania wybranych wersji algorytmów genetycznych. Na końcu pracy znajdzie się podsumowanie oceniające przedstawione rozwiązanie oraz propozycje dalszego rozwoju opracowanego systemu oraz badań.

Rozdział 2

Problem nawodnienia obszaru

Jednym z podstawowych problemów z jakim spotykają się właściciele ogrodów jest instalacja odpowiedniego systemu nawadniania. Mogą to zrobić sami albo zlecić zadanie firmie zajmującej się projektowaniem ogrodów i systemów nawadniania. Jest kilka szczególnie ważnych elementów, na które należy zwrócić uwagę projektując taki system:

- Odpowiedni pomiar terenu, który ma zostać nawodniony
- Wzięcie pod uwagę ukształtowania terenu
- Obliczenie potrzebnego ciśnienia wody
- Wybór i rozmieszczenie zraszaczy
- Wybór i poprowadzenie rur
- Umieszczenie zaworów

Wszystkie wymienione powyżej elementy znacząco wpływają na cenę, jakość oraz wydajność zaprojektowanego systemu.

W tej pracy autor skupia się na dwóch z powyższych punktów: wyborze i rozmieszczeniu zraszaczy oraz poprowadzeniu rur i nie będzie brał pod uwagę reszty wymienionych punktów.

Odpowiednie rozmieszczenie zraszaczy jest ważne, ponieważ zapewnia równomierne nawodnienia.

Rozdział 3

Optymalizacja

3.1. Optymalizacja jednokryterialna

3.2. Optymalizacja wielokryterialna

Rozdział 4

Algorytmy genetyczne

4.1. Opis ogólny

4.2. Algorytmy wielokryterialne

4.2.1. NSGA-II

4.2.2. SPEA

Rozdział 5

Systemy wspomaganie decyzji

Rozdział 6

Rozwiązanie problemu

6.1. System wspomagania decyzji

6.1.1. Architektura

6.1.2. Interakcja z użytkownikiem

6.2. Optymalizacja

6.2.1. Model matematyczny

6.2.2. Rezultaty

6.2.3. Porównanie algorytmów genetycznych

Plan badań

Jak zostało wspomniane wcześniej ocena algorytmów do optymalizacji wielokryterialnej jest znacznie bardziej złożona niż ta dla algorytmów z pojedynczym kryterium. Oceniając takie algorytmy należy wziąć pod uwagę następujące warunki:

- Dystans pomiędzy prawdziwym frontem Pareto, a zbiorem znalezionych niezdominowanych rozwiązań powinien być zminimalizowany
- Porządkany jest równomierny rozkład znalezionych rozwiązań
- Przestrzeń wyznaczona przez znalezione rozwiązania powinna być jak największa. Inaczej mówiąc jak najwięcej wartości powinno być pokrytych przez rozwiązania niezdominowane

Jak zostało wspomniane w ŻEF” prawdopodobnie niemożliwe jest zdefiniowanie pojedynczej metryki, która bierze pod uwagę wymienione powyżej kryteria i ocenia je w wiarygodny i znaczący sposób. Nie mniej jednak autorzy w ŻEF” zaproponowali metrykę pozwalającą sprawdzić czy rezultaty znalezione przez jeden algorytm dominują wyniki drugiego algorytmu i w ten sposób porównać, który z algorytmów spisuje się lepiej [6.1]. Wadą tej metody jest to, że nie mówi ona nic o tym w jakim stopniu jeden algorytm

jest lepszy od drugiego.

$$C(X', X'') = \frac{|a'' \in X''; \exists a' \in X' : a' \preceq a''|}{|X''|} \quad (6.1)$$

,gdzie:

C - wartość metryki

X' - zbiór optymalnych niezdominowanych rozwiązań znalezionych przez pierwszy algorytm

X'' - zbiór optymalnych niezdominowanych rozwiązań znalezionych przez drugi algorytm

Przy porównaniu rezultatów osiąganych przez wybrane algorytmy genetyczne autor zrezygnował z metryki przedstawionej w punkcie 6.1 na rzecz dokładniejszych metryk przedstawionych w ŻEF³. Są to trzy metryki bezpośrednio odpowiadające przedstawionym wcześniej kryteriom oceny.

$$M_1(X') = \frac{1}{|X'|} \sum_{a' \in X'} \min\{\|a' - \bar{a}\|; \bar{a} \in \bar{X}\} \quad (6.2)$$

$$M_2(X') = \frac{1}{|X' - 1|} \sum_{a' \in X'} |\{b' \in X'; \|a' - b'\| > \sigma\}| \quad (6.3)$$

$$M_3(X') = \sqrt{\sum_{i=1}^m \max\{\|a'_i - b'_i\|; a', b' \in X'\}} \quad (6.4)$$

,gdzie:

M_1, M_2, M_3 - wartości poszczególnych metryk

X' - zbiór optymalnych niezdominowanych rozwiązań

\bar{X} - zbiór rozwiązań należących do prawdziwego frontu Pareto

Na potrzeby testów przygotowanych zostało 6 zestawów testowych. Zostały one dobrane pod względem wielkości oraz nieregularności kształtu terenu. W ten sposób powstały następujące kombinacje:

- Mały obszar o regularnym kształcie
- Mały obszar o nieregularnym kształcie
- Średni obszar o regularnym kształcie
- Średni obszar o nieregularnym kształcie
- Duży obszar o regularnym kształcie
- Duży obszar o nieregularnym kształcie.

Każdy z algorytmów został uruchomiony 15 razy dla każdego z wymienionych przypadków. Z każdego uruchomienia wybierane były niezdominowane rozwiązania dodawane do głównej puli rozwiązań. Na koniec z powstałej puli jeszcze raz wybierane były rozwiązania niezdominowane uwzględniane w badaniach.

Ustawienia algorytmów były zależne od badanej kombinacji.

1. Mały teren

- Liczba populacji: **250**
- Wielkość populacji: **200**
- Prawdopodobieństwo krzyżowania: **0.9**
- Prawdopodobieństwo mutacji: **0.01**
- 2. **Średni teren**
 - Liczba populacji: **1000**
 - Wielkość populacji: **250**
 - Prawdopodobieństwo krzyżowania: **0.9**
 - Prawdopodobieństwo mutacji: **0.01**
- 3. **Duży teren**
 - Liczba populacji: **3000**
 - Wielkość populacji: **300**
 - Prawdopodobieństwo krzyżowania: **0.9**
 - Prawdopodobieństwo mutacji: **0.01**

Rezultaty badań

Podsumowanie badań

Rozdział 7

Podsumowanie

Definicja 1

Definicja - pierwsza

Dodatek A

Appendix 1

Spis rysunków

Spis wzorów

Spis algorytmów

Bibliografia