

Projekt Nr2

Optymalizacja Profilu

1. Wprowadzenie

Ćwiczenie ma na celu przeprowadzenie optymalizacji geometrii profilu za pomocą metody gradientowej. Jest podzielone na cztery zadania, które różnią się od siebie tylko definicją celu optymalizacyjnego. W wyniku przeprowadzenia obliczeń możliwe będzie pokazanie różnic w rozwiązaniach (w geometrii profilu) wynikających zdefiniowanej funkcji celu. Ćwiczenie zawiera proste oraz złożone zagadnienia optymalizacyjne. Ponadto, analizie zostanie poddana tzw. funkcja kary (sposób definiowania oraz efektu które powoduje) pozwalająca na wprowadzenie ograniczeń do optymalizowanego zagadnienia.

Ćwiczenie składa się z czterech zadań zdefiniowanych poniżej:

- 1) Uzyskanie największej doskonałości profilu, L/D_{MAX} ,
- 2) Minimalizacji współczynnika oporu i momentu pochylającego dla założonego współczynnika siły nośnej,
- 3) Maksymalizacji współczynnika siły nośnej i minimalizacja momentu pochylającego dla stałego kąta natarcia,
- 4) Minimalizacji współczynnika oporu dla stałego współczynnika siły nośnej.

Celem ćwiczenia jest przygotowanie funkcji celu oraz modyfikacja kodu źródłowego w zależności od postawionego zadania. Ćwiczenie przeprowadza się na kodzie źródłowym przygotowanym przez prowadzącego. Po zakończeniu modyfikacji kod należy skompilować i uruchomić. Następnie, należy opracować wyniki.

W celu poprawnego przeprowadzenia zadań proszę o zapoznanie się z opisem pliku OptoFoil.cpp oraz opisem wykorzystania skryptu Post.cmd.

OptoFoil

Program OptoFoil przeprowadza cały proces optymalizacji i przygotowuje pliki z wynikami. Do wyznaczenia współczynników aerodynamicznych optymalizowanego profilu wykorzystywany jest program Xfoil. Do komunikacji między programami wykorzystywany jest specjalny skrypt. Skrypt ten w całości jest przygotowywany przez program OptoFoil. Poniższy fragment kodu (tylko funkcja Xfoil) przedstawia tworzenie skryptu:

```
double Xfoil(double *X)
{
    /*** Xfoil SCRIPT DEFINITION ***/
    ofstream out("Xfoil.txt");

    if(!out)
    {
        cout << "Xfoil.txt error!!!" << endl;
        return 0;
    }
}
```

```

out << "NACA 23012" << endl;

out << "GDES" << endl;
out << "TSET" << endl;
out << X[0] << endl;
out << X[1] << endl;
out << "HIGH" << endl;
out << X[2] << endl;
out << X[3] << endl;
out << "CADD" << endl << endl << endl << endl;
out << "EXEC" << endl << endl;

out << "PANE" << endl;

out << "MDES" << endl;
out << "FILT" << endl;
out << "EXEC" << endl << endl;

out << "OPER" << endl;

out << "VPAR" << endl;
out << "N " << 9 << endl;
out << "VACC " << 0.001 << endl << endl;

out << "a " << 3 << endl;
out << "VISC " << 200000 << endl;
out << "ITER" << endl;
out << 40 << endl;
out << "a " << 3 << endl;
out << "INIT" << endl;
out << "a " << 3 << endl;
out << "PACC" << endl;
out << "XfoilData.dat" << endl << endl;
out << "a " << 3 << endl;
out << "PACC" << endl << endl;

out << "QUIT" << endl;

out.close();

// *** Xfoil COMPUTATION ***

system("@if exist XfoilData.dat del /q XfoilData.dat\n");
system("call Xfoil < Xfoil.txt > XfoilLog.txt");

// *** DATA FROM Xfoil ***

double a, CL, CD, CDp, CM, Top_Xtr, Bot_Xtr;

XfoilData(a, CL, CD, CDp, CM, Top_Xtr, Bot_Xtr);

//*** OBJECTIV FUNCTION ***

return CD/CL;
}

```

Jest to fragment kodu najczęściej zmieniany podczas realizacji zadania. Oznaczenia, wykorzystywane podczas tworzenia skryptu są zgodne z oznaczeniami wykorzystywanymi przez XFoil'a (w razie potrzeby należy skorzystać z instrukcji do programu). Wszystkie oznaczenia współczynników aerodynamicznych wykorzystywane podczas tworzenia skryptu **definiowane są małymi literami np.: cl lub cd** (zgodnie z nomenklaturą oprogramowania XFoil). Dużymi literami zdefiniowane są współczynniki aerodynamiczne wykorzystywane jako zmienne w programie OptoFoil. Na końcu prezentowanego kodu przedstawiona jest definicja funkcji celu (np.: CD/CL). Jest ona zmienną, która jest zwracana jako wynik działania funkcji XFoil.

Post.cmd

Rozwiązanie otrzymane za pomocą programu OptoFoil zawiera wartości czterech zmiennych decyzyjnych opisujących geometrię profilu (zgodnie ze wstępem teoretycznym do programu). Aby utworzyć geometrię profilu należy uruchomić skrypt Post.cmd (skrypt załączony w materiałach do ćwiczenia). A następnie postępować zgodnie z poleceniami programu. Program poprosi o wpisanie wartości zmiennych decyzyjnych uzyskanych podczas obliczeń. Na podstawie tych danych powstanie zostanie utworzony plik z geometrią profilu. Plik ten należy wczytać do programu XFoil. Na jego podstawie można zapoznać się z geometrią zoptymalizowanego profilu oraz wykonać dodatkowe obliczenia np. dla kątów natarcia innych niż wykorzystywany podczas optymalizacji.

Opis najważniejszych linijek kodu:

Linia	Opis
66 – 69	Definicja wartości początkowych
129	Funkcja Xfoil – funkcja tworząca skrypt
141 - 177	Przygotowanie skryptu do XFoil'a
141	Nazwa profilu do optymalizacji
194	Definicja Funkcji celu np.: CD/CL
325	Funkcja definiująca kryterium stopu.

2. Zadanie Nr 1

Opis zadania:

Optymalizacja doskonałości profilu NACA 23012

Dane:

Plik OptoFoil.cpp

Przebieg ćwiczenia:

Otwórz plik „OptoFoil.cpp”. Uruchomione zostanie środowisko graficzne Dev-cpp. W pliku znajduje się funkcja „main” i algorytmy optymalizujące, oraz algorytm funkcji celu, wywoływany w odpowiednich momentach. Początkowe ustawienia programu (dla pierwszego etapu ćwiczenia) nie powinny wymagać modyfikacji.

Analizowany profil: NACA23012

Wektor zmiennych wejściowych: $X = \{0.12; 0.0184; 0.3; 0.149\}$

Kąt natarcia dla profilu: $\alpha = 3\text{deg}$

Funkcja celu: maksymalizacja doskonałości

Zmiany w kodzie:

W tym zadaniu nie trzeba zmieniać kodu. Jest on już przygotowany do rozpoczęcia obliczeń. Proszę zwrócić uwagę na definicje funkcji celu. Ze względu na metodę gradientową przyjęta do optymalizacji funkcja celu przedstawiona jest jako odwrotności. Tzn. szukając minimalizacji odwrotności doskonałości otrzymujemy maksymalną doskonałość.

Kod należy skompilować (wynikiem kompilacji jest program „OptoFoil.exe”), a następnie uruchomić program. Podczas procesu optymalizacji wygenerowane zostają pliki Log.txt z zapisem przebiegu optymalizacji, Results.txt z wynikami optymalizacji po każdej iteracji, Xfoil.txt z automatycznie wygenerowanym skryptem, XfoilLog.txt z logiem programu Xfoil. Aby prześledzić przebieg procesu optymalizacji proszę otworzyć pliki Log.txt i Results.txt.

Wyniki:

W ramach opracowywania wyników do tego zadania należy:

- porównać geometrię profilu przed i po optymalizacji (porównaj geometrię na rysunku).
- omówić zwiększenie doskonałości w kontekście zmiany współczynnika siły nośnej i współczynnika oporu.
- wykonać obliczenia charakterystyk profili używając Xfoil-a i przedstawić na wykresie.
- czym różnią się charakterystyki, jakie wnioski można wyciągnąć?

3. Zadanie Nr 2

Opis zadania:

Minimalizacja współczynników CD i CM profilu NACA 2412 dla stałego CL = 0.6

Dane:

Plik OptoFoil.cpp

Przebieg ćwiczenia:

Kolejne zadanie polega na zminimalizowaniu oporu i momentu pochylającego profilu dla stałej wartości współczynnika siły nośnej CL = 0.6.

W ramach zadania należy:

- zaproponować funkcję celu oraz zapisać ją w linijce nr 194 kodu programu.
- Dokonać następujących zmian w kodzie programu:

linijka	Opis	Przed	PO
66	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[0]	X[0] = 0.12;	X[0] = 0.12;
67	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[1]	X[1] = 0.0184	X[1] = 0.02;
68	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[2]	X[2] = 0.3;	X[2] = 0.3;
69	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[3]	X[3] = 0.149	X[3] = 0.401;
144	Zmiana geometrii profilu początkowego	"NACA 23012"	"NACA 2412"
165 169 171 174	Zmiana parametru optymalizacji z stałego kąta na stałą wartość współczynnika siły nośnej	„a” << 3	„cl” << 0.6

- Skompilować i uruchomić program

Wyniki:

W ramach opracowywania wyników do tego zadania należy:

- Porównać geometrię profilu przed i po optymalizacji.
- Omówić zmianę współczynników CD i CM. Które ze współczynników miało większy wpływ na rozwiązanie?

4. Zadanie Nr 3

Opis zadania:

Maksymalizacja współczynnika CL i minimalizacja współczynnika CM dla stałego kąta natarcia $\alpha = 3 \text{ deg}$ dla profilu NACA 2412

Dane:

Plik OptoFoil.cpp

Przebieg ćwiczenia:

Kolejne zadanie jest bardzo podobne do poprzedniego. Różnice dotyczą tylko wykorzystania współczynnika siły nośnej CL zamiast współczynnika oporu CD oraz zmiany parametru ze stałego współczynnika siły nośnej na stałą wartość kąta natarcia.

W ramach zadania należy:

- zaproponować funkcję celu oraz zapisać ją w linijce nr 194 kodu programu.
- dokonać następujących zmian w kodzie programu:

linijka	Opis	Przed	PO
165, 169, 171, 174	Zmiana parametru optymalizacji z stałego kąta na stałą wartość współczynnika siły nośnej	„cl” << 0.6	„a” << 3

- Skompilować i uruchomić program

Wyniki:

W ramach opracowywania wyników do tego zadania należy:

- Porównać geometrię profilu przed i po optymalizacji.
- Omówić zmianę współczynników CL i CM w kontekście minimalizacji funkcji celu
- Jak bardzo zmienił się współczynnik siły nośnej i momentu pochylającego?
- Czy można jakoś regulować, czy ważniejsze jest uzyskiwanie dużych współczynników siły nośnej, czy minimalizowanie momentu pochylającego? Proszę zaproponować jakieś rozwiązanie.
- Jak wygląda rozkład ciśnienia na profilu i geometria profilu po optymalizacji, pokaż na rysunku.

5. Zadanie Nr 4

Opis zadania:

Minimalizacja współczynnika oporu profilu NACA 0012 dla stałej wartości współczynnika siły nośnej $CL = 0.1$. Zastosowanie funkcji Kary w procesie optymalizacji.

Dane:

Plik OptoFoil.cpp

Przebieg ćwiczenia:

Ostatnie zadanie zakłada minimalizację współczynnika oporu dla symetrycznego profilu przy założeniu uzyskania założonej wartości współczynnika siły nośnej. Głównym celem zadania jest przećwiczenia zastosowania funkcji kary w zagadnieniach optymalizacyjnych.

W ramach zadania należy:

- Zaproponować funkcje celu dla powyższego zadania
- Zmodyfikować kod programu w linijce opisującej funkcje celu

linijka	Opis	Przed	PO
66	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[0]	X[0] = 0.12;	X[0] = 0.12;
67	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[1]	X[1] = 0.02;	X[1] = 0.0;
68	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[2]	X[2] = 0.3;	X[2] = 0.3;
69	Zmiana wartości początkowych dla zmiennej X[3]	X[3] = 0.401;	X[3] = 0.011;
	Zmiana geometrii profilu początkowego	"NACA 2412"	"NACA 0012"
144		out << "TSET" << endl;	out << "TSET" << endl;
145		out << X[0] << endl;	out << X[0] << endl << endl;
146		out << X[1] << endl;	//out << X[1] << endl;
147		out << "HIGH" << endl;	//out << "HIGH" << endl;
148		out << X[2] << endl;	//out << X[2] << endl;
149		out << X[3] << endl;;	//out << X[3] << endl;
165, 169, 171, 174	Zmiana parametru optymalizacji z stałego kąta na stałą wartość współczynnika siły nośnej	„a” << 3	„cl” << 0.1
332	Zmiana kryterium stopu	if(Sum_dF <= dF_Stop) { log << endl << "STOP CRITERIUM:" << endl;	/* if(Sum_dF <= dF_Stop) { log << endl << "STOP CRITERIUM:" << endl;

		<pre>log << "Sum_dF = " << Sum_dF << endl; stop = 0; }</pre>	<pre>log << "Sum_dF = " << Sum_dF << endl; stop = 0; } */</pre>
--	--	--	---

- Skompilować i uruchomić program
- Odpowiedzieć na pytanie co stało się z grubością profilu.
- Dokonać modyfikacji kodu wg poniższej tabeli:

linijka	Opis	Przed	PO
	Definicja funkcji kary	-	<pre>double Kara; double mi=0.01; if(X[0]<0.08) Kara = (1/mi) * (0.08-X[0])*(0.08-X[0]); else Kara = 0;</pre>
194	Funkcja celu	CD	return CD + Kara;

Ostatnia modyfikacja kodu ma na celu ograniczenie zmniejszania się grubości profilu. Minimalna wartość to 8% (w kodzie jest to wartość 0,08). Dodatkowo funkcja kary można sterować za pomocą parametru „mi”. Domyślne wartości tego parametru to 0,01.

- Ponownie skompilować i uruchomić program

Wyniki:

W ramach opracowywania wyników do tego zadania należy:

- Porównać geometrię profilu przed i po optymalizacji.
- Omówić zmianę współczynników CD
- Jaką grubość ma profil bez zastosowania ograniczeń.
- Opisać wpływ ograniczenia dla różnych „mi”.

6. Raport Końcowy:

W sprawozdaniu z projektu nr 2 należy:

- Przedstawić wyniki optymalizacji dla poszczególnych etapów ćwiczenia,
- Odpowiedzieć na pytania postawione przy każdym z etapów ćwiczenia,
- Przedstawić własne wnioski z ćwiczenia