

# Ukázková semestrální práce z předmětu VSME

Tomáš Kroupa

20. května 2014



## Abstrakt

V následujícím dokumentu je popsán způsob jakým analyzovat problém lučištníka, který má při pevně daném natažení luku jen pomocí nasměrování výstřelu zasáhnout bod na zemi v definované vzdálenosti.

# Obsah

<b>1 Formulace úlohy</b>	<b>3</b>
<b>2 Princip řešení</b>	<b>3</b>
2.1 Stanovení minimalizované funkce . . . . .	4
2.2 Průběh jednoho kroku (designu) výpočtu . . . . .	4
<b>3 Stavba modelu</b>	<b>4</b>
<b>4 Výsledky</b>	<b>4</b>

# 1 Formulace úlohy

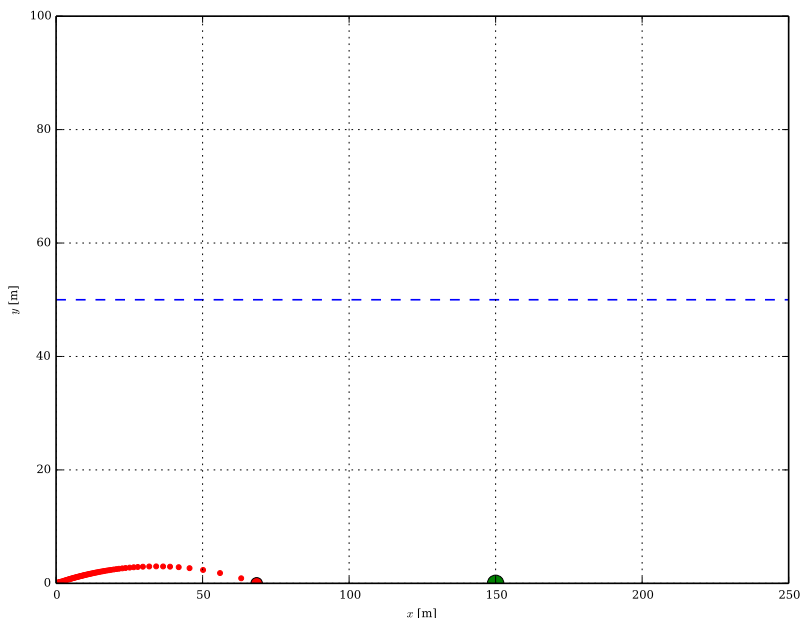
Je dán kompozitní luk jednoduchou geometrií a tuhost tětiny ve směru výstřelu. Střelec je umístěn do počátku souřadnicového systému. Dále je dán bod na zemi ve vzdálenosti

$$x_T = 150 \text{ m} \quad (1)$$

od střelce. Cílem je zasáhnout tento bod. Střelec vždy natáhne tětinu stejnou silou a tak má jen jednu možnost ovlivnit trajektorii střely a to nastavit pod jakým úhlem měřeným od země bude šíp vystřelen. K úloze je přidána jedna podmínka, že šíp nesmí nikdy vyletět do výšky větší než

$$y_M = 50 \text{ m}. \quad (2)$$

Na obr.1 je ukázána grafická reprezentace problému.



Obrázek 1: Červené body – trajektorie letu šípu, Modrá čárkovaná čára – omezení výšky střely, Zelený bod – cíl, který má být zasáhnut.

# 2 Princip řešení

Úloha bude řešena jako úloha hledání minima funkce, která je závislá na úhlu výstřelu  $\alpha$ . Bude řešena tak, že výpočet výstřelu z luku pro daný úhel  $\alpha$  bude proveden v MKP softwaru Abaqus a celý proces hledání úhlu, při kterém bude zasáhnut cílový bod bude řešen jako optimalizace funkce s jedním parametrem.

Vstupem do MKP modelu bude řada materiálových parametrů luku, tuhost tětiny luku – tyto parametry budou konstantní narodíl od optimalizovaného parametru  $\alpha$ , který se bude výpočet od výpočtu lišit, protože bude měněn v procesu optimalizace. Výstup z tohoto softwaru bude trajektorie letu čela šípu, tedy dvojice vektorů popisujících souřadnici  $x$  a  $y$  letu šípu.

Po MKP výpočtu bude pomocí lineární extrapolace nalezen bod kdy se bude čelo šípu nacházet ve výšce  $y = 0$  m a vzdálenost ve směru osy  $x$  tohoto bodu od místa výstřelu nazveme  $x_V$ .

## 2.1 Stanovení minimalizované funkce

Po každém výpočtu je nutné vyčíslit hodnotu funkce, která je minimalizovaná během optimalizačního procesu, který vede k nalezení úhlu výstřelu, tak aby byl zasažen cílový bod. V tomto případě stanovíme tuto funkci jako

$$r = (x_V - x_T)^2. \quad (3)$$

Druhá mocnina je vždy lepší varianta, než absolutní hodnota. Funkce je hladká v bodě kde  $x_V = x_T$ .

## 2.2 Průběh jednoho kroku (designu) výpočtu

1. Volba úhlu výstřelu *alpha*. Toto zvolí vybraný optimalizační algoritmus
2. Postavení MKP modelu.
3. Exportování trajektorie v výsledků analýzy do textového souboru.
4. Zpracování výsledků a nalezení průsečíku trajektorie šípu s osou  $x$ .
5. Vytisknutí obrázku letu šípu.
6. Vytisknutí hodnoty minimalizované funkce, která udává vzdálenost na druhou od cílového bodu.

## 3 Stavba modelu

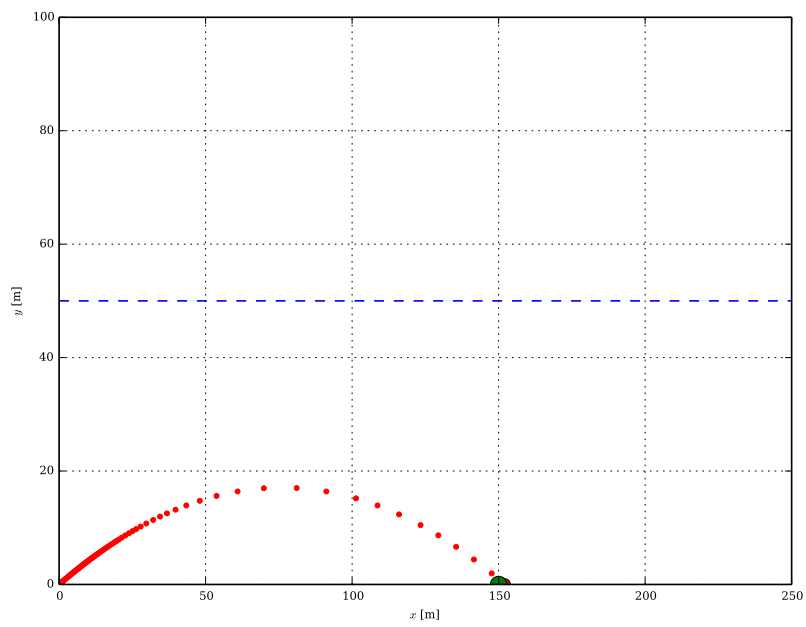
Celý model je postaven pomocí skriptu v jazyce Python. Tětiva je modelována jako nelineární pružina, která má nemulovou tuhost jen ve směru natažení tětivy, tak aby při vystřelení šípu mohl šíp odletět. Celý model je tvořen dvěma tělesy a to lukem a šípem. Luk je z kompozitního materiálu s netriviální skladbou a šíp je hliníková tyčka.

Řešení je rozděleno na dva kroky, na statický krok, kdy je tětiva se šípem natažena a druhý dynamický krok, kdy je simulován výstřel a let šípu.

## 4 Výsledky

Výsledky zasluhují komentář. Rychlost dosažení cílového bodu a nalezení správného úhlu výstřelu je závislá na volbě optimalizačního algoritmu. Na obr.2 je ukázán jeden dobrý výsledek. Hodnota úhlu výstřelu byla

$$\alpha = 24.3^\circ \quad (4)$$



Obrázek 2: Nejlepší design získaný pomocí algoritmu simple design improvement.

Tento studijní materiál je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky v rámci projektu  
č. **CZ.1.07/2.2.00/28.0206**  
**„Inovace výuky podpořená praxí“.**



Tento studijní materiál je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.