



FAKULTA APLIKOVANÝCH VĚD  
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY  
V PLZNI

KATEDRA  
KYBERNETIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

---

# Pokročilé algoritmy autonomního přistávání bezpilotního letounu na plošině

---

*Autor:*  
Vojtěch Breník

*Vedoucí práce:*  
Ing. Petr Neduchal, Ph.D.

19. února 2024



ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta aplikovaných věd

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

|                   |   |
|-------------------|---|
| Jméno a příjmení: | <b>Bc. Vojtěch BRENÍK</b>   |
| Osobní číslo:     | <b>A22N0105P</b>  |
| Studijní program: | <b>N0714A150011 Kybernetika a řídicí technika</b>                                 |
| Specializace:     | <b>Umělá inteligence a automatizace</b>   |
| Téma práce:       | <b>Pokročilé algoritmy autonomního přistávání bezpilotního letounu na plošině</b> |
| Zadávací katedra: | <b>Katedra kybernetiky</b>  |

## Zásady pro vypracování

1. Proveďte rešerši v oblasti algoritmů pro autonomní přistání bezpilotního letounu (dronu) na plošině.
2. Proveďte rešerši dostupných simulátorů vhodných pro tuto úlohu.
3. Analyzujte možnosti simulace externích vlivů (vítr, teplota, ...) na přistávající bezpilotní letoun.
4. Navrhněte systém pro simulaci přistání bezpilotního letounu na plošině s využitím některé z metod uvedených v rešerši.



Rozsah diplomové práce:

**40-50 stránek A4**

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

1. Xin, L., Tang, Z., Gai, W., & Liu, H. (2022). Vision-based autonomous landing for the uav: A review. *Aerospace*, 9(11), 634.
2. Kakaletsis, E., Symeonidis, C., Tzelepi, M., Mademlis, I., Tefas, A., Nikolaidis, N., & Pitas, I. (2021). Computer vision for autonomous UAV flight safety: An overview and a vision-based safe landing pipeline example. *Acm Computing Surveys (Csur)*, 54(9), 1-37.
3. Saavedra-Ruiz, M., Pinto-Vargas, A., & Romero-Cano, V. (2022). Monocular Visual Autonomous Landing System for Quadcopter Drones Using Software in the Loop. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, 37(5), 2-16.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Petr Neduchal, Ph.D.**

Výzkumný program 1

Datum zadání diplomové práce:

**2. října 2023**

Termín odevzdání diplomové práce:

**20. května 2024**



**Doc. Ing. Miloš Železný, Ph.D.**  
děkan



**Doc. Dr. Ing. Vlasta Radová**  
vedoucí katedry

## Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě aplikovaných věd Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a výhradně s použitím odborné literatury a pramenů, jejichž úplný seznam je její součástí.

V Plzni dne 20. května 2024

---

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA

Fakulta aplikovaných věd

Katedra kybernetiky

## *Abstrakt*

**Pokročilé algoritmy autonomního přistávání bezpilotního letounu  
na plošině**

Vojtěch Breník

Český abstrakt

**Advanced algorithms for autonomous landing of an unmanned  
aerial vehicle on a platform**

English abstract

# *Poděkování*

Poděkování . .

# Obsah

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Abstrakt</b>                                   | <b>ii</b> |
| <b>1 Úvod</b>                                     | <b>1</b>  |
| 1.1 Bezpilotní letadlo . . . . .                  | 1         |
| 1.2 Přistávání . . . . .                          | 1         |
| 1.3 Plošina . . . . .                             | 1         |
| 1.4 Struktura práce . . . . .                     | 1         |
| <b>2 Definice úlohy</b>                           | <b>2</b>  |
| <b>3 Plošina pro přistávání</b>                   | <b>3</b>  |
| 3.1 Optické značky (tagy) . . . . .               | 3         |
| 3.1.1 Apriltag . . . . .                          | 3         |
| 3.1.2 Aruco . . . . .                             | 3         |
| <b>4 Detekce optických značek</b>                 | <b>4</b>  |
| <b>5 Algoritmy pro přistávání</b>                 | <b>5</b>  |
| <b>6 Simulátory bezpilotních letadel</b>          | <b>6</b>  |
| <b>7 Návrh systému pro přistávání</b>             | <b>7</b>  |
| 7.1 Vstupy systému . . . . .                      | 7         |
| 7.2 Komponenty systému . . . . .                  | 7         |
| 7.3 Výstupy systému . . . . .                     | 7         |
| 7.4 Struktura systému . . . . .                   | 7         |
| <b>8 Grafické uživatelské rozhraní</b>            | <b>8</b>  |
| <b>9 Vyhodnocení</b>                              | <b>9</b>  |
| <b>10 Diskuze</b>                                 | <b>10</b> |
| 10.1 Možnosti reálného nasazení systému . . . . . | 10        |
| <b>11 Závěr</b>                                   | <b>11</b> |
| <b>Bibliografie</b>                               | <b>12</b> |



## Seznam obrázků

# Seznam tabulek

# Seznam zkratek

**AF** Aktivační funkce. 25

**API** Application Programming Interface (rozhraní pro programování aplikací). 1, 18, 32, 39

**DPS** Deska plošných spojů. 12–14

**FFNN** Feedforward Neural Network (dopředná neuronová síť). 26, 34

**GUI** Graphical User Interface (grafické uživatelské rozhraní). 12, 19–21, 26, 27, 29, 30

**IoT** Internet of Things (internet věcí). 2, 8

**LSTM** Long Short-Term Memory (druh rekurentní neuronové sítě). 6, 7, 25, 26, 34

**MCU** Microcontroller Unit (jednočipový počítač). 13, 14, 16, 39

**MSE** Mean Squared Error (střední kvadratická odchylka). 22, 25, 33–35, 37, 39, 40

**NS** Neuronová síť. 2, 9, 21–23, 25, 26, 33, 36, 39–43

**ReLU** Aktivační funkce Rectified Linear Unit. 3, 4

**URL** Uniform Resource Locator. 19

# 1 Úvod

## 1.1 Bezpilotní letadlo

UAV - využití, aplikace, součástí mise je přistávání - potřeba jeho automatizace; druhy, historie, specifiky; zúžení na čtyřrotorový pro účely práce

## 1.2 Přistávání

definice, možnosti, navádění na cíl (opticky, radiomajáky?)

## 1.3 Plošina

vymezení, optické značky

## 1.4 Struktura práce

## 2 Definice úlohy

## 3 Plošina pro přistávání

### 3.1 Optické značky (tagy)

#### 3.1.1 Apriltag

#### 3.1.2 Aruco

## 4 Detekce optických značek

## 5 Algoritmy pro přistávání



## 6 Simulátory bezpilotních letadel

## 7 Návrh systému pro přistávání

7.1 Vstupy systému

7.2 Komponenty systému

7.3 Výstupy systému

7.4 Struktura systému

## 8 Grafické uživatelské rozhraní

Budoucí výstup projektu - rozhraní pro spawnování dronu, plošiny a nastavení simulátoru atd.

# 9 Vyhodnocení

Porovnání vybraných algoritmů

## 10 Diskuze

### 10.1 Možnosti reálného nasazení systému

## 11 Závěr

# Bibliografie

- [1] Warren S McCulloch a Walter Pitts. „A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity“. In: *The bulletin of mathematical biophysics* 5.4 (1943), s. 115–133.