

Úvodní přednáška

doc. Ing. Petr Blaha, PhD.

18. září 2021

Komplexní inovace studijních programů a zvyšování kvality výuky na FEKT VUT v Brně
OP VK CZ.1.07/2.2.00/28.0193



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE

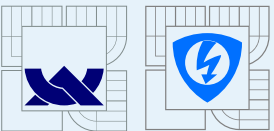


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Organizace výuky

Výuka

Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

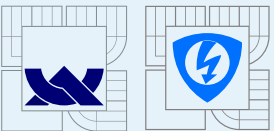
Přednášející:

doc. Ing. Petr BLAHA, Ph.D.

petr.blaha@ceitec.vubr.cz

kancelář č. SD3.118

tel.: 541146427



Organizace výuky

Výuka

Hodnocení

Hodnocení

Hodnocení

Hodnocení

Hodnocení

Definice

Získávání modelu

Schéma

Algoritmizovatelnost

Postup

Rozdělení

Literatura

Přednášející:

doc. Ing. Petr BLAHA, Ph.D.

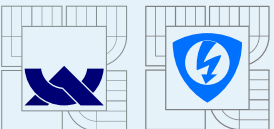
petr.blaha@ceitec.vubr.cz

kancelář č. SD3.118

tel.:541146427

Přednášky:

pondělí (doporučené) 15⁰⁰ – 16⁵⁰ T12 SD 2.99



Organizace výuky

Výuka

Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Přednášející:

doc. Ing. Petr BLAHA, Ph.D.

petr.blaha@ceitec.vubr.cz

kancelář č. SD3.118

tel.:541146427

Přednášky:

pondělí (doporučené) 15⁰⁰ – 16⁵⁰ T12 SD 2.99

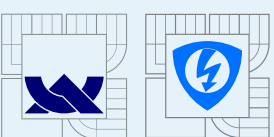
Cvičí:

Ing. Ondřej BARTÍK

ondrej.bartik@ceitec.vutbr.cz

kancelář č. SE2.136

tel.:541146454



Organizace výuky

Výuka

Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Přednášející:

doc. Ing. Petr BLAHA, Ph.D.

petr.blaha@ceitec.vutbr.cz

kancelář č. SD3.118 tel.:541146427

Přednášky:

pondělí (doporučené) 15⁰⁰ – 16⁵⁰ T12 SD 2.99

Cvičí:

Ing. Ondřej BARTÍK

ondrej.bartik@ceitec.vutbr.cz

kancelář č. SE2.136 tel.:541146454

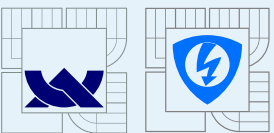
Cvičení:

pondělí (povinné) 9⁰⁰ – 10⁵⁰ SD2.104

úterý (povinné) 8⁰⁰ – 9⁵⁰ SD2.104

Všechny materiály do výuky MID naleznete přehledně na Moodle

<https://moodle.vut.cz>



Hodnocení výuky

Výuka

Hodnocení

Hodnocení

Hodnocení

Hodnocení

Hodnocení

Definice

Získávání modelu

Schéma

Algoritmizovatelnost

Postup

Rozdělení

Literatura

Pravidla hodnocení:

Cvičení	30
Zkouška	70
<hr/>	
Celkem	100

Rozdělení bodů za cvičení

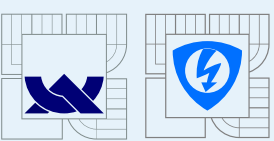
Projekt	15
Test	15
<hr/>	
Celkem	30

Jedna neomluvená absence na cvičení povolena, další -2 body.

Body navíc ve cvičeních - **aktivita**.

Kombinovaní studenti - 7x DÚ.

Modelování a identifikace



Hodnocení předmětu v 2014/15

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

LMID (hodnotil **jeden** člověk)

Opět náročnější zkouška, ale oproti TDS jsou zde některé otázky zaměřeny i na teorii.

MMID (hodnotilo **devět** lidí)- oproti loňským 3 výrazné zlepšení

- Přednášky, ale bylo by lepší kdyby v nich nebyly pouze vzorce.
- Přednášky s panem docentem nemají chybu. Snad jen škoda absence Kalmanova filtru. Každý předmět se o něm zmiňuje jen jako o Pandořině skřínce. Přitom si myslím, že jde jen o pár vzorečků a absolvent na UAMT by ho měl umět navrhnout a použít. To že nám na to chybí matika je už další ale velice podstatné věc.
- Jinak vyučující by mohl udělat sbíru příkladů. Ale jinak doporučuji.
- Náročný předmět a těžko naučitelný, sám jsem byl zklamaný z výsledku zkoušky po tom co jsem tomu věnoval tolik času, ale často jsem danou látku z přednášek nechápal, protože jsem se ztrácel v záplavě vzorců. Nebýt dalších poznámek z přednášek, tak bych byl ztracen úplně.
- Velmi pečlivá příprava materiálů na cvičení a provádění cvičením.

Modelování a identifikace



Hodnocení předmětu v 2016/17

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

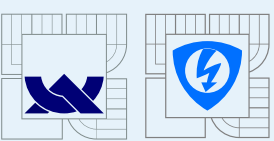
LMID (nehodnotil nikdo)

MMID (hodnotili **tři** lidé)

Čo sa skúšky týka tak asi všetci už vieme do čoho ideme, ale na druhej strane ak sa človek venuje projektu a cvičeniam tak príprava na skúšku nezaberie veľa času a dá sa spraviť aj na prvý termín (nie, nie som "Á-čkar" s čerevným diplomom).

Cvičící:

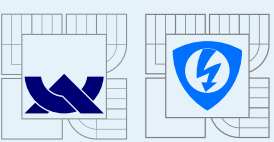
Žiadne pripomienky, len tak ďalej. /*****/ měl se studenty svatou trpělivost i když musel během pár minut několikrát opakovat co před chvílí řekl někomu jinému /*****/



Hodnocení předmětu v 2019/20

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

/*****/ Nepodcenit projekt ani závěrečnou zkoušku /*****/
Další předmět ze série pana Blahy. Z počátku jsem se předmětu obával, ale problematika modelování a identifikace mě zajímala a nakonec musím uznat, že jsem s výběrem tohoto předmětu neprohloupil. Přednášky sice obsahují spoustu vzorců, na které jsem z počátku udiveně koukal s otevřenou pusou a říkal si, co tady dělám. Ovšem pan docent Blaha i pan inženýr Bartík se tyto vztahy snaží vysvětlit, tak abychom to pochopili. Po absolvování tohoto předmětu konečně vím, jakým způsobem se "vykouzlí" přenos systému, protože na předchozích kurzech jsme vždy začínali větou: "Mějme systém $F(p)$ nebo $F(z-1) = \dots$ " Nikdo nám neřekl, kde se systém vzal a tady se to konečně dozvíte. ... /*****/ Skúška je taká malá spomienka na BRR, celkom dosť chýba nejaká zbierka príkladov pomocou ktorej by sa na skúšku dalo lepšie pripraviť ale inak sa dá tento predmet zvládnuť bezproblémov. Cvičenia sú naozaj super a konečne sa dá dozvedieť odkiaľ sa vezme nejaký prenos sústavy, možno by mal byť tento predmet ešte pred BRR jemu a podobnými. /*****/



Hodnocení předmětu v 2020/21

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

/*****/ + opět celkem fajn, dobře vysvětluje občas se trochu moc zapovídá - ze začátku je hodně pojmů a proměnných ve kterých se dá snadno ztratit než pochopíte co a jak tak možná nějak upravit značení proměnný v materiálech, protože se indexy a proměnné velice často značí jinak ale jedná se o stejnou věc /*****/
/*****/ asi žádné vcelku naplnil všech moje očekávání, možná trochu více ukázat praktické výpočty na konkrétních příkladech, možná vytvořit několik příkladu s výsledky na kterých by mohl studen procvičovat
/*****/ Kdo chce regulovat, musí umět modelovat/identifikovat.
Doporučuji



Definice identifikace

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení

Definice

Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Identifikace je určení systému na základě vstupu a výstupu ve specifikované třídě systémů tak, aby určený systém byl na základě testu ekvivalentní se systémem zkoumaným.

L. A. Zadeh



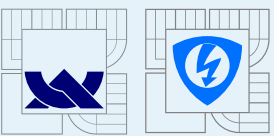
Lennart Ljung



Torsten Söderström



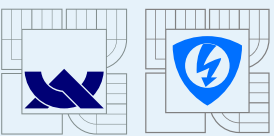
Ioan Doré LANDAU



Možnosti získávání modelu

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

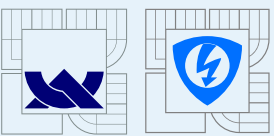
- **Slovní popis** (intuitivní přístup) - řízení auta
- **Matematické modelování** (analytický přístup) - určení modelu na základě znalosti fyzikálních zákonů a uspořádání procesu
- **Identifikace systému** (experimentální přístup) - systém je vystaven experimentům a z naměřených dat je vytvořen odpovídající model.
 - ◆ model odpovídá pouze v okolí pracovního bodu
 - ◆ parametry modelu neodpovídají fyzikálním veličinám v systému
 - ◆ snadná tvorba a použití



Možnosti získávání modelu

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

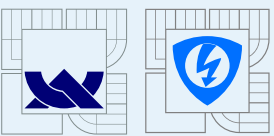
- **Slovní popis** (intuitivní přístup) - řízení auta
- **Matematické modelování** (analytický přístup) - určení modelu na základě znalosti fyzikálních zákonů a uspořádání procesu
- **Identifikace systému** (experimentální přístup) - systém je vystaven experimentům a z naměřených dat je vytvořen odpovídající model.
 - ◆ model odpovídá pouze v okolí pracovního bodu
 - ◆ parametry modelu neodpovídají fyzikálním veličinám v systému
 - ◆ snadná tvorba a použití



Možnosti získávání modelu

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

- **Slovní popis** (intuitivní přístup) - řízení auta
- **Matematické modelování** (analytický přístup) - určení modelu na základě znalosti fyzikálních zákonů a uspořádání procesu
- **Identifikace systému** (experimentální přístup) - systém je vystaven experimentům a z naměřených dat je vytvořen odpovídající model.
 - ◆ model odpovídá pouze v okolí pracovního bodu
 - ◆ parametry modelu neodpovídají fyzikálním veličinám v systému
 - ◆ snadná tvorba a použití



Možnosti získávání modelu

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

- **Slovní popis** (intuitivní přístup) - řízení auta
- **Matematické modelování** (analytický přístup) - určení modelu na základě znalosti fyzikálních zákonů a uspořádání procesu
- **Identifikace systému** (experimentální přístup) - systém je vystaven experimentům a z naměřených dat je vytvořen odpovídající model.
 - ◆ model odpovídá pouze v okolí pracovního bodu
 - ◆ parametry modelu neodpovídají fyzikálním veličinám v systému
 - ◆ snadná tvorba a použití



Možnosti získávání modelu

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

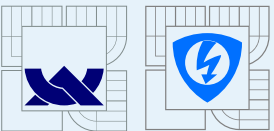
- **Slovní popis** (intuitivní přístup) - řízení auta
- **Matematické modelování** (analytický přístup) - určení modelu na základě znalosti fyzikálních zákonů a uspořádání procesu
- **Identifikace systému** (experimentální přístup) - systém je vystaven experimentům a z naměřených dat je vytvořen odpovídající model.
 - ◆ model odpovídá pouze v okolí pracovního bodu
 - ◆ parametry modelu neodpovídají fyzikálním veličinám v systému
 - ◆ snadná tvorba a použití



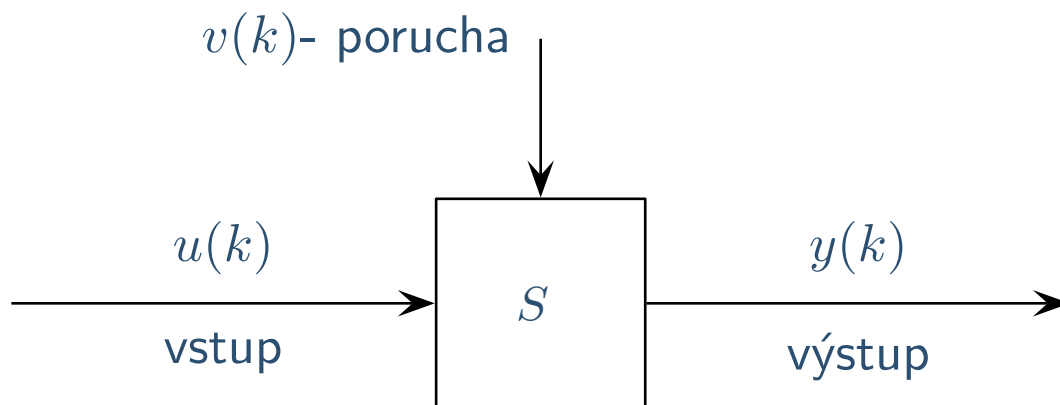
Možnosti získávání modelu

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

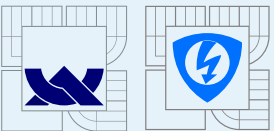
- **Slovní popis** (intuitivní přístup) - řízení auta
- **Matematické modelování** (analytický přístup) - určení modelu na základě znalosti fyzikálních zákonů a uspořádání procesu
- **Identifikace systému** (experimentální přístup) - systém je vystaven experimentům a z naměřených dat je vytvořen odpovídající model.
 - ◆ model odpovídá pouze v okolí pracovního bodu
 - ◆ parametry modelu neodpovídají fyzikálním veličinám v systému
 - ◆ snadná tvorba a použití



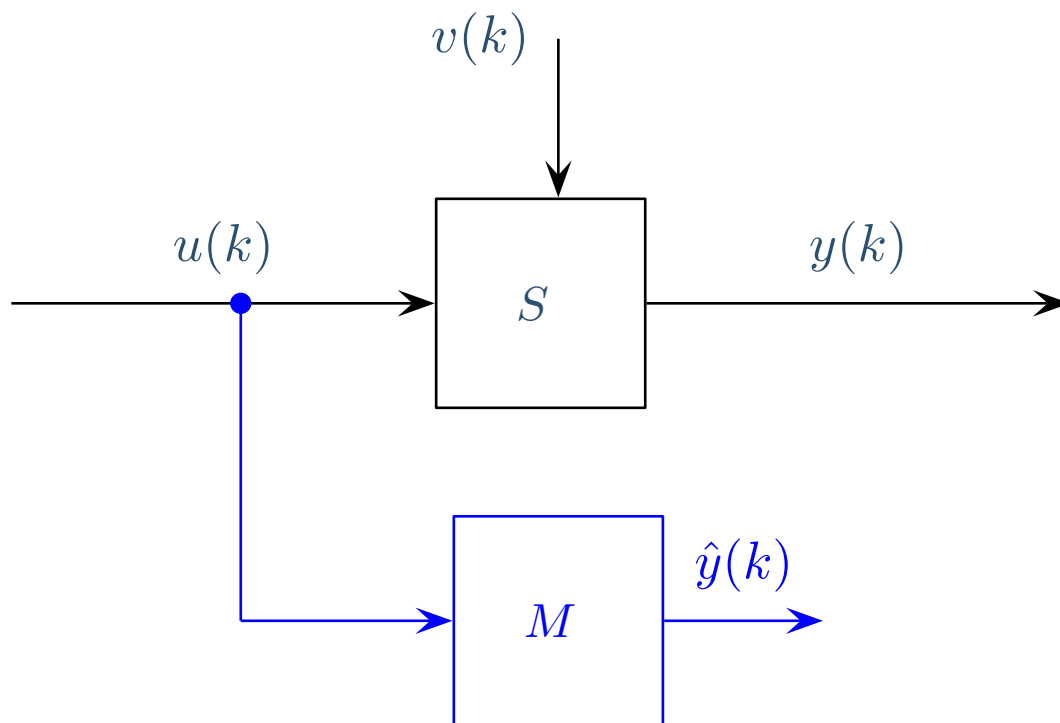
Identifikační schéma



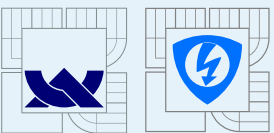
- Výuka
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Definice
- Získávání modelu
- Schéma**
- Algoritmizovatelnost
- Postup
- Rozdělení
- Literatura



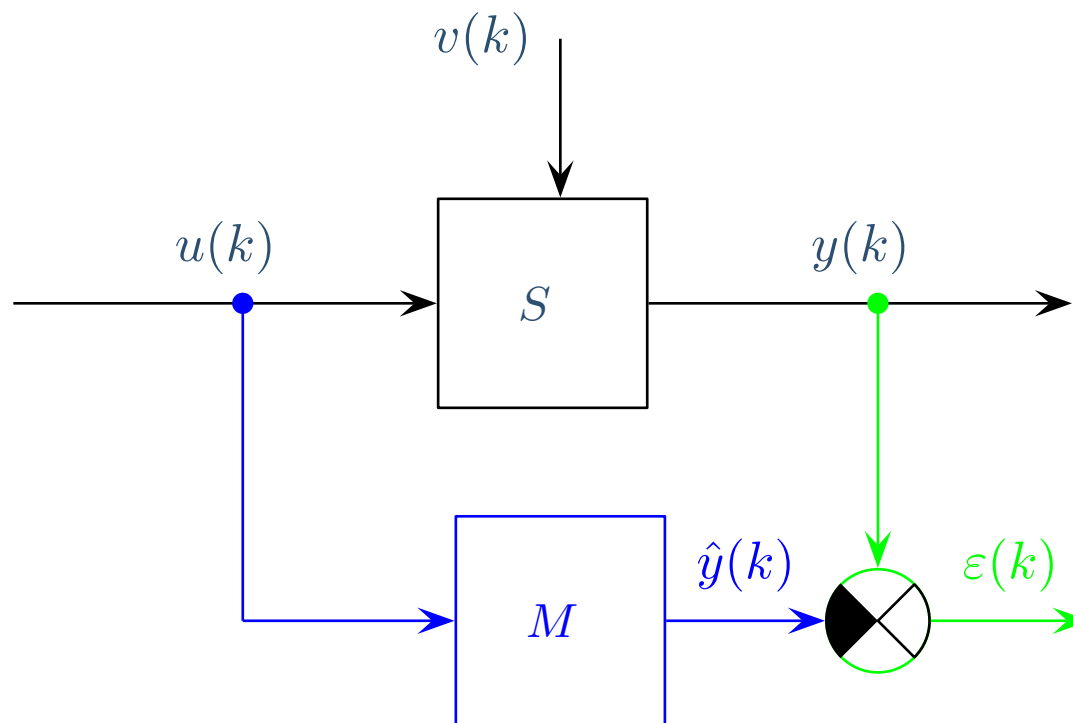
Identifikační schéma



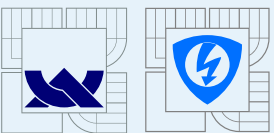
- Výuka
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Definice
- Získávání modelu
- Schéma**
- Algoritmizovatelnost
- Postup
- Rozdělení
- Literatura



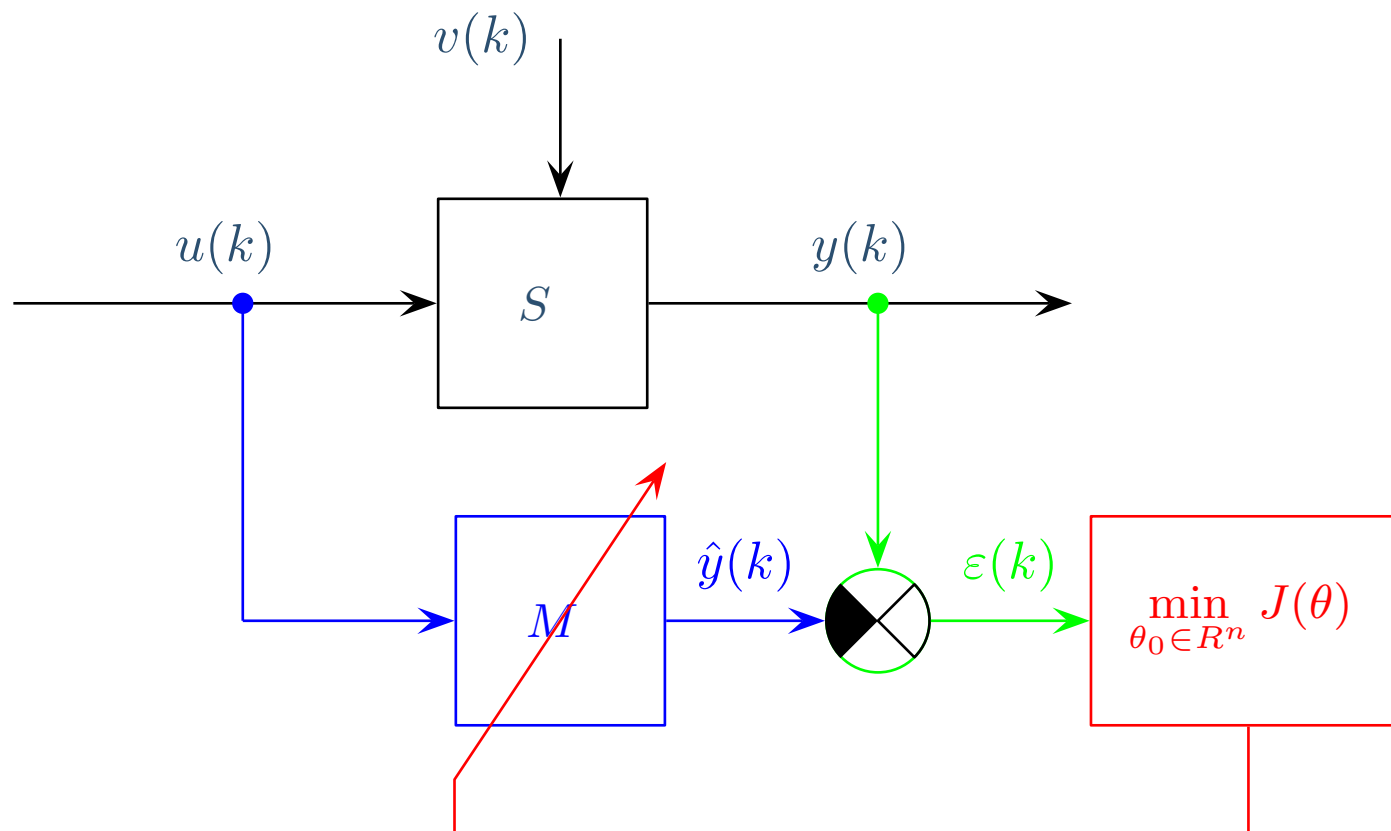
Identifikační schéma



- Výuka
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Definice
- Získávání modelu
- Schéma**
- Algoritmizovatelnost
- Postup
- Rozdělení
- Literatura

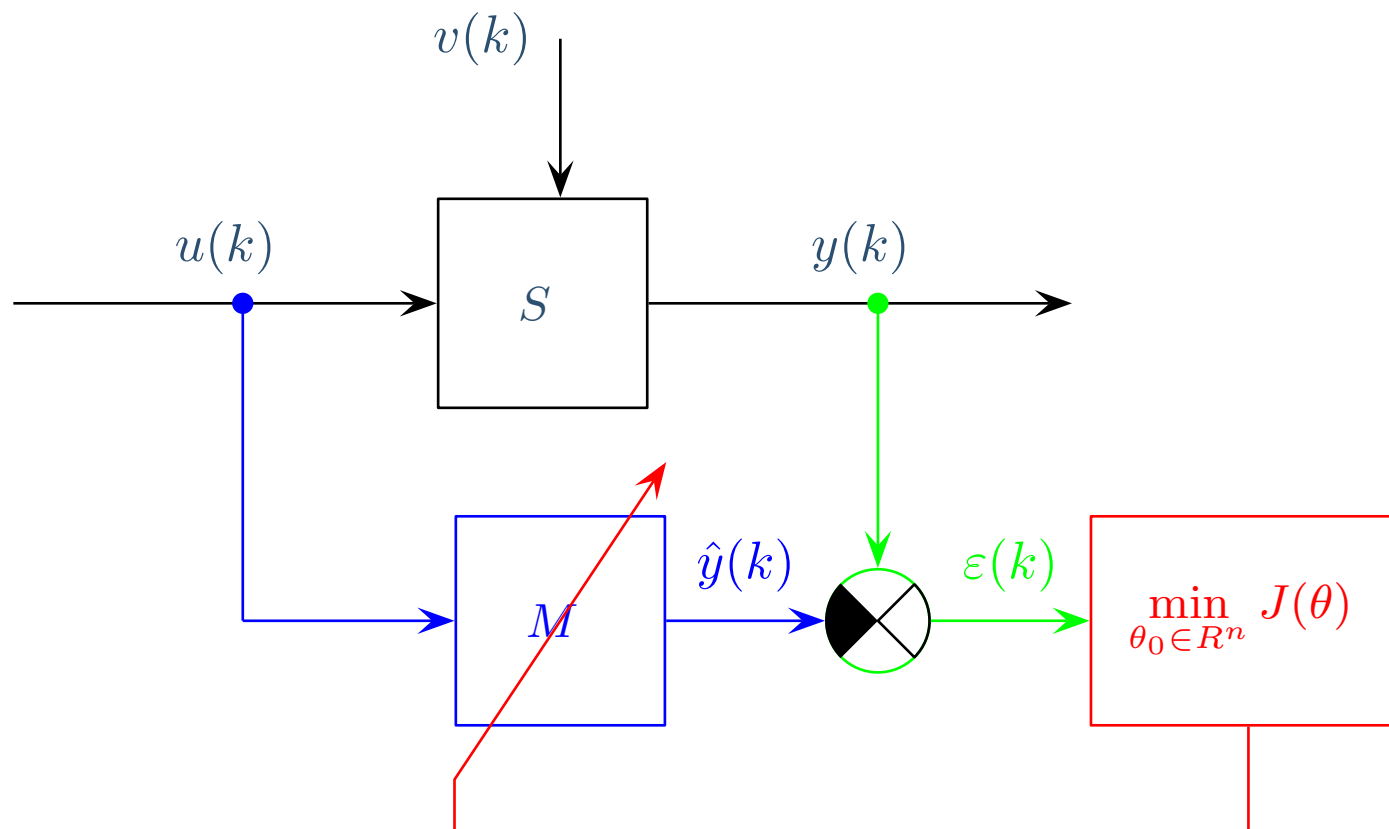


Identifikační schéma

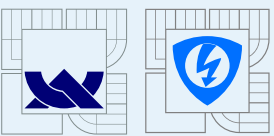


Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Identifikační schéma



Jednotlivé veličiny mohou být v případě systému s více vstupy a výstupy **vektory**.



Algoritmizovatelnost identifikace

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Identifikace většinou není možná bez zásahu **zkušeného odborníka**

- systém může být časově variantní
- zaznamenaná data mohou obsahovat šum, případně trend
- je důležité navrhnout vhodnou strukturu modelu
- u rozlehlých systémů lze provést dekompozici na základě vypořizovaných vztahů v systému



Algoritmizovatelnost identifikace

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Identifikace většinou není možná bez zásahu **zkušeného odborníka**

- systém může být časově variantní
- zaznamenaná data mohou obsahovat šum, případně trend
- je důležité navrhnout vhodnou strukturu modelu
- u rozlehlých systémů lze provést dekompozici na základě vypořizovaných vztahů v systému

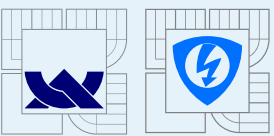


Algoritmizovatelnost identifikace

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Identifikace většinou není možná bez zásahu **zkušeného odborníka**

- systém může být časově variantní
- zaznamenaná data mohou obsahovat šum, případně trend
- je důležité navrhnout vhodnou strukturu modelu
- u rozlehlých systémů lze provést dekompozici na základě vypořizovaných vztahů v systému



Algoritmizovatelnost identifikace

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Identifikace většinou není možná bez zásahu **zkušeného odborníka**

- systém může být časově variantní
- zaznamenaná data mohou obsahovat šum, případně trend
- je důležité navrhnout vhodnou strukturu modelu
- u rozlehlých systémů lze provést dekompozici na základě vypořizovaných vztahů v systému

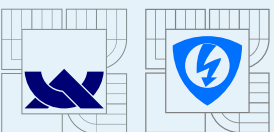


Algoritmizovatelnost identifikace

- Výuka
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Definice
- Získávání modelu
- Schéma
- Algoritmizovatelnost**
- Postup
- Rozdělení
- Literatura

Identifikace většinou není možná bez zásahu **zkušeného odborníka**

- systém může být časově variantní
- zaznamenaná data mohou obsahovat šum, případně trend
- je důležité navrhnout vhodnou strukturu modelu
- u rozlehlých systémů lze provést dekompozici na základě vypořizovaných vztahů v systému



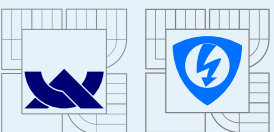
Postup při identifikaci

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

1. Návrh experimentu
2. Měření a uložení dat
3. Výběr struktury modelu
4. Výběr metody pro odhad parametrů
5. Určení správnosti modelu



Často se jedná o iterativní postup, kdy jsou pro různá počáteční nastavení opakovány předchozí kroky.



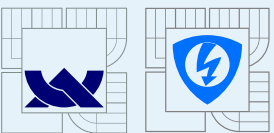
Postup při identifikaci

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

1. Návrh experimentu
2. Měření a uložení dat
3. Výběr struktury modelu
4. Výběr metody pro odhad parametrů
5. Určení správnosti modelu



Často se jedná o iterativní postup, kdy jsou pro různá počáteční nastavení opakovány předchozí kroky.



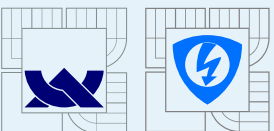
Postup při identifikaci

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

1. Návrh experimentu
2. Měření a uložení dat
3. Výběr struktury modelu
4. Výběr metody pro odhad parametrů
5. Určení správnosti modelu



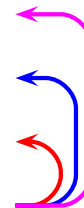
Často se jedná o iterativní postup, kdy jsou pro různá počáteční nastavení opakovány předchozí kroky.



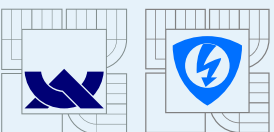
Postup při identifikaci

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

1. Návrh experimentu
2. Měření a uložení dat
3. Výběr struktury modelu
4. Výběr metody pro odhad parametrů
5. Určení správnosti modelu



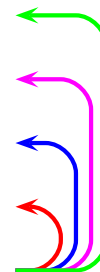
Často se jedná o iterativní postup, kdy jsou pro různá počáteční nastavení opakovány předchozí kroky.



Postup při identifikaci

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

1. Návrh experimentu
2. Měření a uložení dat
3. Výběr struktury modelu
4. Výběr metody pro odhad parametrů
5. Určení správnosti modelu



Často se jedná o iterativní postup, kdy jsou pro různá počáteční nastavení opakovány předchozí kroky.

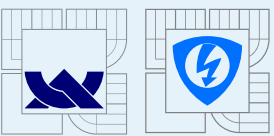


Rozdělení identifikačních metod

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Podle způsobu získávání parametrů modelu:

- **jednorázová identifikace** - parametry modelu se získávají z celé množiny naměřených dat
- **průběžná identifikace** - parametry modelu se postupně zpřesňují s přibývajícími daty



Rozdělení identifikačních metod

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Podle způsobu získávání parametrů modelu:

- **jednorázová identifikace** - parametry modelu se získávají z celé množiny naměřených dat
- **průběžná identifikace** - parametry modelu se postupně zpřesňují s přibývajícími daty

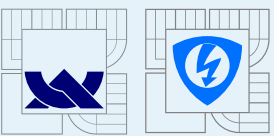


Rozdělení identifikačních metod

- Výuka
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Hodnocení
- Definice
- Získávání modelu
- Schéma
- Algoritmizovatelnost
- Postup
- Rozdělení**
- Literatura

Podle způsobu získávání parametrů modelu:

- **jednorázová identifikace** - parametry modelu se získávají z celé množiny naměřených dat
- **průběžná identifikace** - parametry modelu se postupně zpřesňují s přibývajícími daty



Rozdělení identifikačních metod

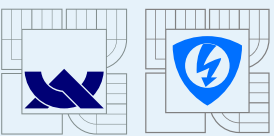
Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Podle způsobu získávání parametrů modelu:

- **jednorázová identifikace** - parametry modelu se získávají z celé množiny naměřených dat
- **průběžná identifikace** - parametry modelu se postupně zpřesňují s přibývajícími daty

Podle typu získaného modelu:

- **neparametrická identifikace** - získaný model je ve tvaru charakteristiky
- **parametrická identifikace** - výsledný model je ve formě několika parametrů



Rozdělení identifikačních metod

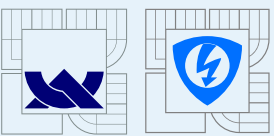
Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

Podle způsobu získávání parametrů modelu:

- **jednorázová identifikace** - parametry modelu se získávají z celé množiny naměřených dat
- **průběžná identifikace** - parametry modelu se postupně zpřesňují s přibývajícími daty

Podle typu získaného modelu:

- **neparametrická identifikace** - získaný model je ve tvaru charakteristiky
- **parametrická identifikace** - výsledný model je ve formě několika parametrů



Doporučená literatura

Výuka
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Hodnocení
Definice
Získávání modelu
Schéma
Algoritmizovatelnost
Postup
Rozdělení
Literatura

- [1] M. Šimandl.: Identifikace systémů a filtrace. Skriptum ZČU, Plzeň 2001.
- [2] P. Noskievič.: Modelování a identifikace systémů, MONTANEX a.s, ISBN 80-7225-030-2, 1999.
- [3] J. Soukup.: Identifikace soustav. SNTL - Nakladatelství technické literatury, Praha, 1990.
- [4] T. Söderström and P. Stoica.: System identification. Prentice Hall International, UK, 1989.
- [5] L. Ljung.: System identification - theory for the user (second edition). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1999, ISBN 0-13-656695-2.
- [6] I. D. Landau.: Identification et commande des systemes. 2e edition revue et augmentée. Hermes, Paris, 1993.
- [7] R. Isemrann and M. Munchhof.: Identification of Dynamic Systems - An Introduction with Applications. Springer 978-540-78878-2, 2011.