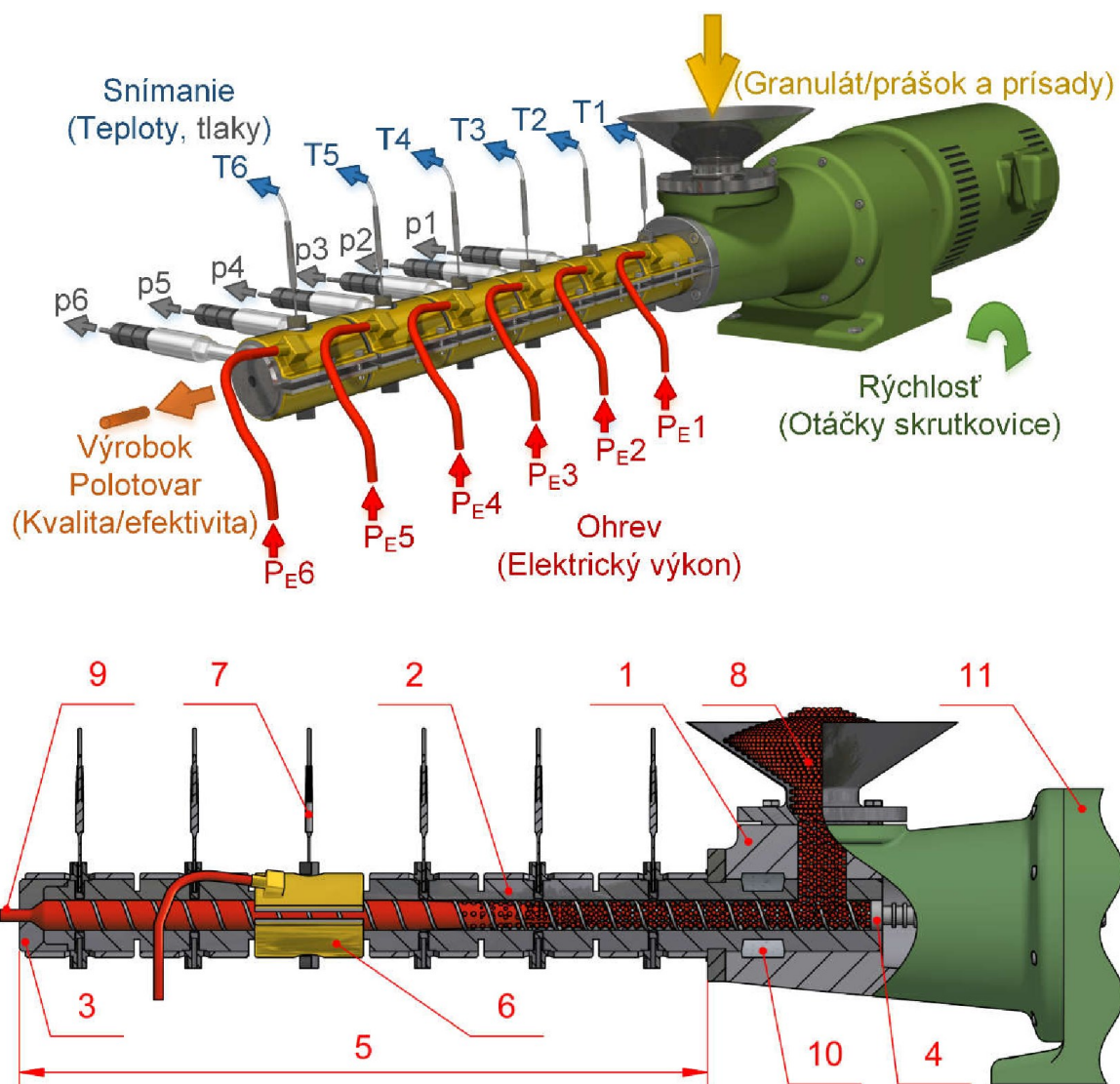


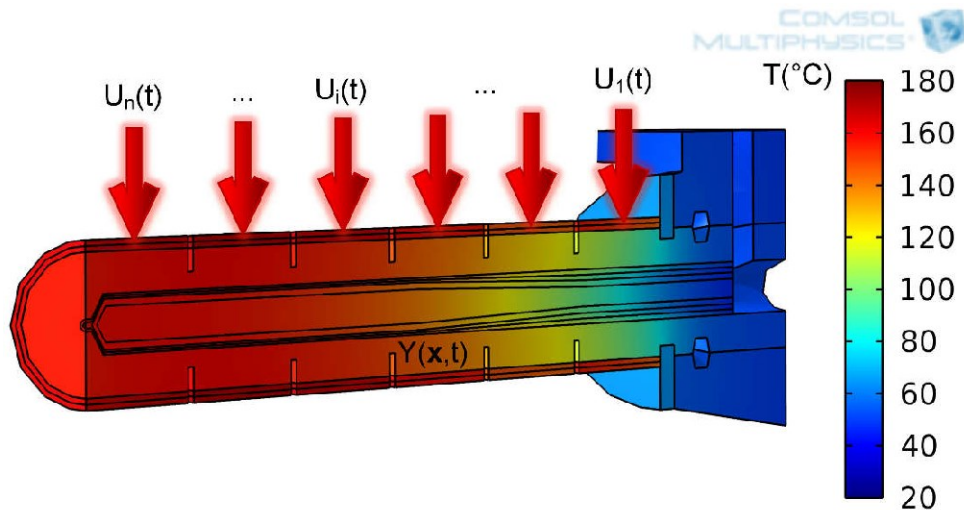
Modelovanie a riadenie procesu extrúzie drevoplastu ako systému s rozloženými parametrami využitím softvérového produktu DPS Blockset for Simulink v rámci projektu APVV-15-0201

Úlohou riadenia je zabezpečiť predpísaný priebeh teplotného poľa extrudovaného materiálu (keďže drevoplast má nahradiť bežné plasty, tak pri modelovaní sa počíta s polypropylénovým granulátom a dynamika sa uvažuje podľa geometrie experimentálneho extrúdera na Strojníckej fakulte STU) pomocou regulovanej dodávky tepla ohrevnými článkami extrúdera, Obr. 1.



Obr. 1 Funkčná schéma a konštrukčné usporiadanie extrúdera. 1 – Násypná časť, 2- puzdro, 3 – profilová dýza, 4- skrutkovica, 5 – ohrievaná časť, 6 – ohrevný článok, 7 – termočlánok, 8 – plast v sypkej forme, 9 – konečný produkt prípade polotovar, 10 – chladenie vodou, 11 – prevodovka a motor.

Dynamický model medzi napätiami ohrevných článkov $\{U_i(t)\}_i$ a teplotného poľa extrúdera, $Y(x,t)$, Obr. 2, je nelineárny systém so sústredeným vstupom a rozloženým výstupom, Obr. 3.



Obr. 2 Dodávky tepla vyvolané zmenami napätí ohrievacích článkov $\{U_i(t)\}_i$ smerom k zmenám teplotného poľa extrudovaného materiálu $Y(x,t)$



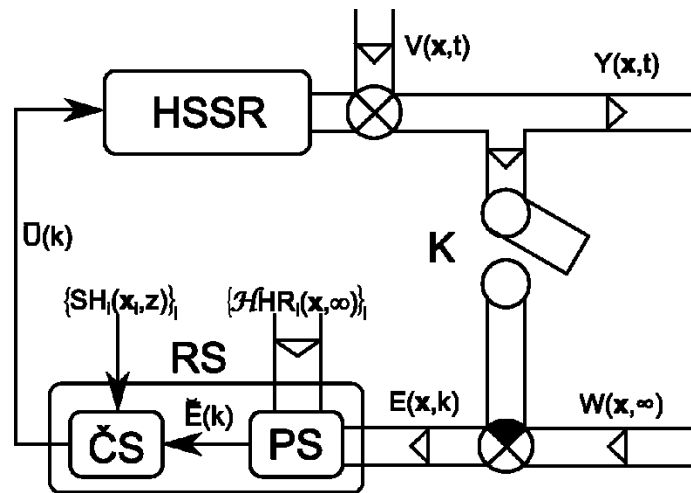
Obr. 3 Nelineárny systém so sústredeným vstupom a rozloženým výstupom.

Dynamika uvádzaného modelu bola zostavená v softvérovom prostredí COMSOL Multiphysics na základe metódy konečných prvkov (keďže drevoplast má nahradiť bežné plasty, tak pri modelovaní sa počíta s polypropylénovým granulátom a dynamika sa uvažuje podľa geometrie experimentálneho extrúdera na Strojníckej fakulte STU). V okolí zvoleného ustáleného prevádzkového režimu sa uskutočňuje linearizácia dynamiky teplotného poľa vo forme lineárneho diskrétného systému so sústredeným vstupom a rozloženým výstupom s tvarovačmi nultého rádu, Obr. 4.



Obr. 4 Lineárny diskretný systém so sústredeným vstupom a rozloženým výstupom.

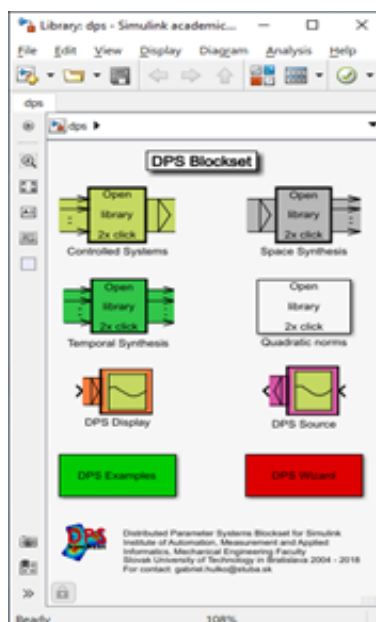
System riadenia je zostavený ako spätnoväzbový riadiaci obvod s rozloženými parametrami, Obr. 5.



Obr. 5 Riadiaci obvod s rozloženými parametrami.

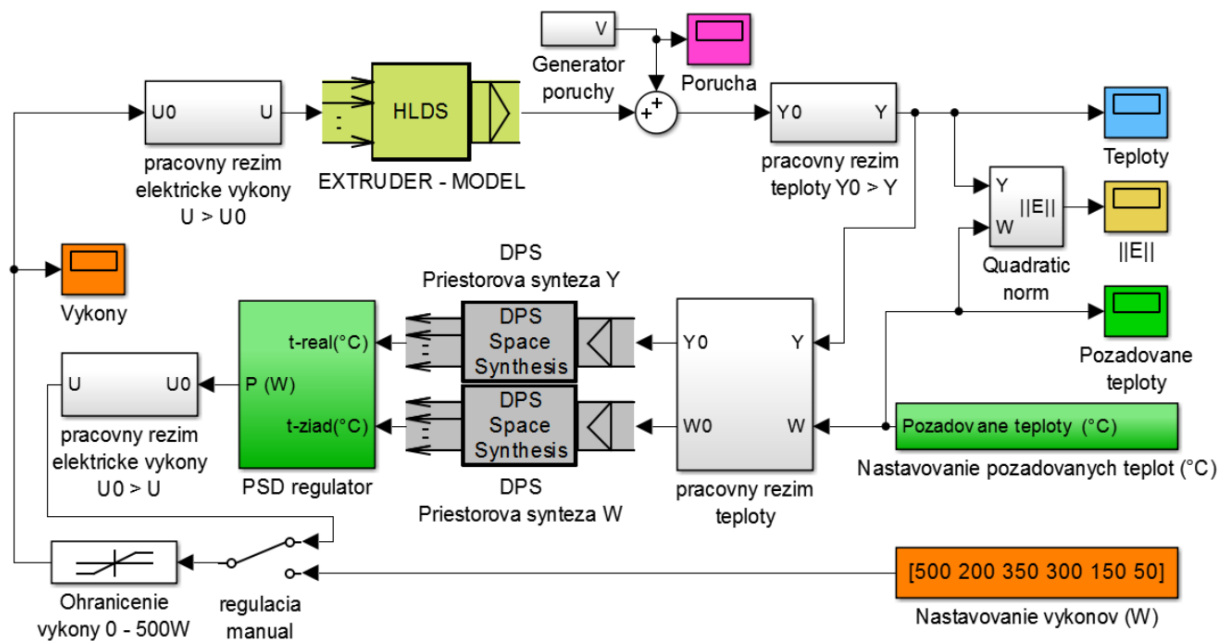
Kde blok HLDS je model riadeného systému. V bloku PS sa uskutočňuje priestorová syntéza riadenia ako extrémálna úloha aproximácie a v blok ČS časová zložka syntézy riadenia pomocou PSD regulátormi. K – značí časovo/priestorové vzorkovanie riadenej veličiny. $\{SH_i(x_i, z)\}_{i=1,6}$ - časové zložky dynamiky riadeného systému, $\{HR_i(x_i, \infty)\}_{i=1,6}$ - priestorové zložky dynamiky riadeného systému, $Y(x, t)$, $W(x, \infty)$, $E(x, k)$ - rozložená riadená, žiadaná a odchýlková veličina, $\tilde{E}(k)$ - vektor odchýlky riadenia.

Numerický model systému riadenia bol zostavený v softvérovom prostredí Simulink využitím blokov softvérového produktu DPS Blockset for Simulink. Obr. 6.



Obr. 6 Ponuka blokov softvérového produktu DPS Blockset for Simulink.

Riadiaci obvod bol zostavený v softvérovom prostredí Simulink, Obr. 7, kde riadený systém je modelovaný v režime kosimulácie COMSOL & Simulink a konštanty šiestich regulátorov PSD sú dané v Tabuľke 1.

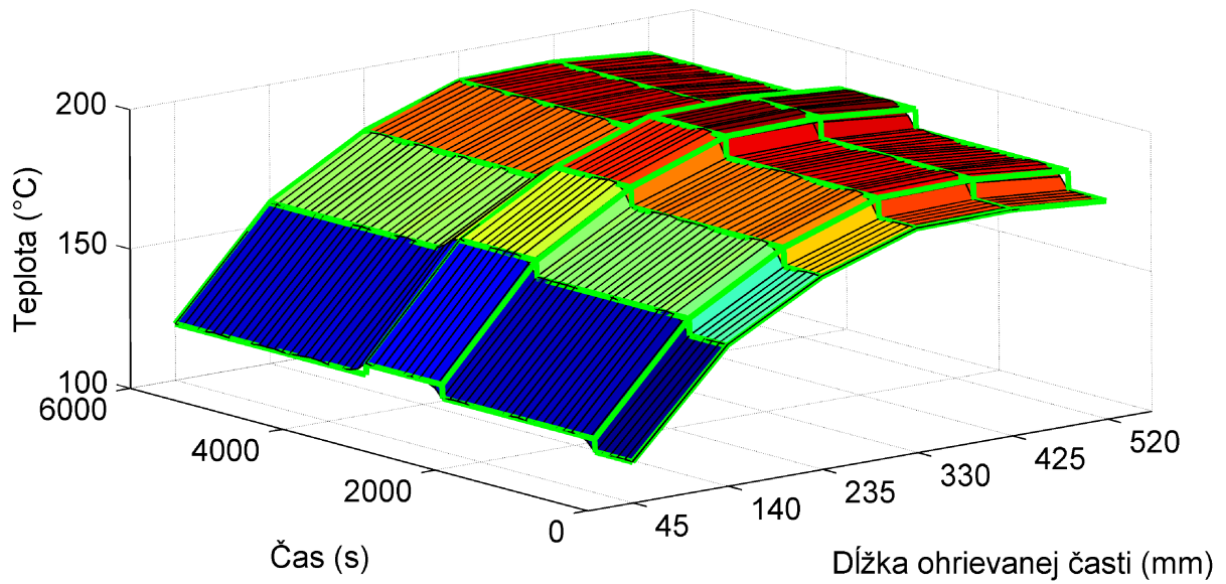


Obr. 7 Riadiaci obvod zostavený v softvérovom prostredí Simulink využitím DPS Blockset for Simulink.

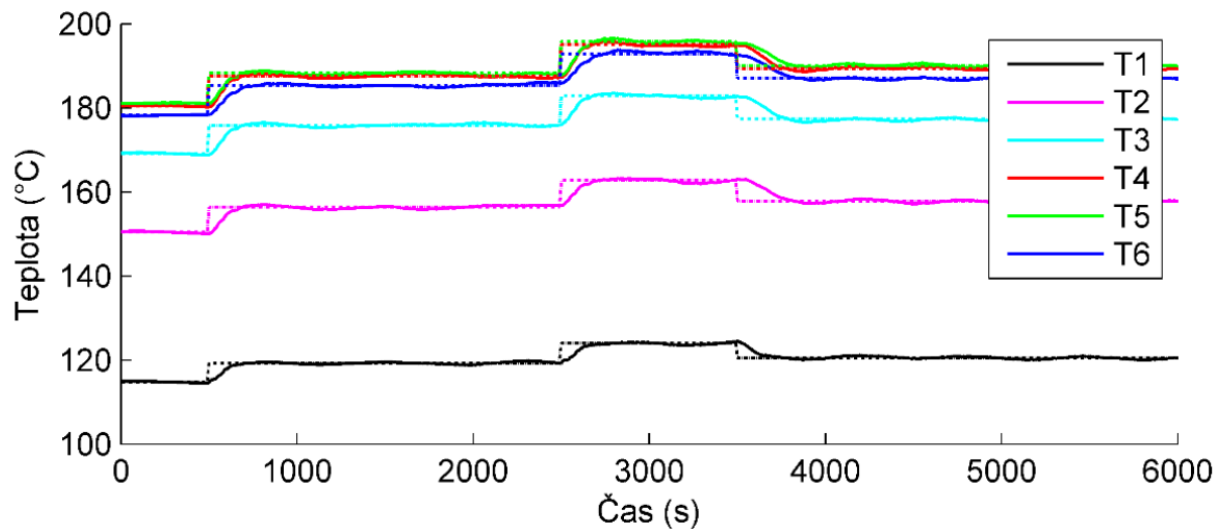
Tabuľka 1

Konštanta	Regulátor					
	1	2	3	4	5	6
P	57,19	58,09	63,19	64,94	64,38	49,69
S	4,08	4,15	4,51	4,64	4,60	3,55
D	1024,24	1604,16	1710,57	1780,69	1890,91	1635,74

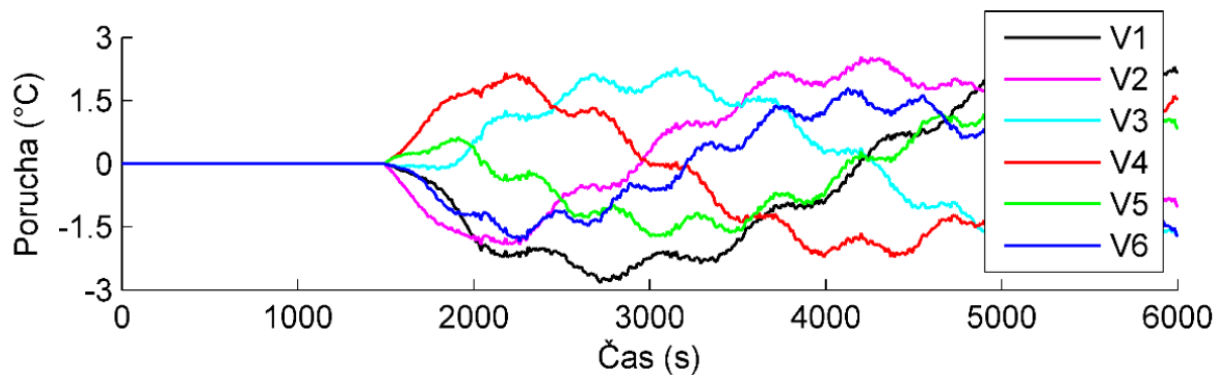
Proces riadenia je znázornený v Obr. 8 – 12, kde zelené krivky znázorňujú požadované priebehy teplotných profilov extrudovaného materiálu.



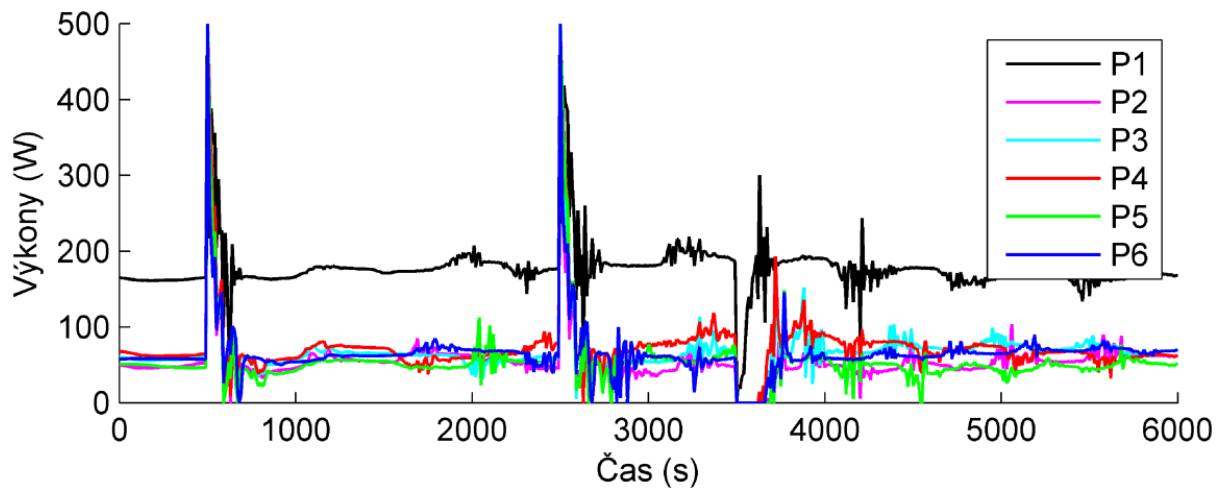
Obr. 8 Priebeg teplôt pri zmenách požadovaného teplotného profilov.



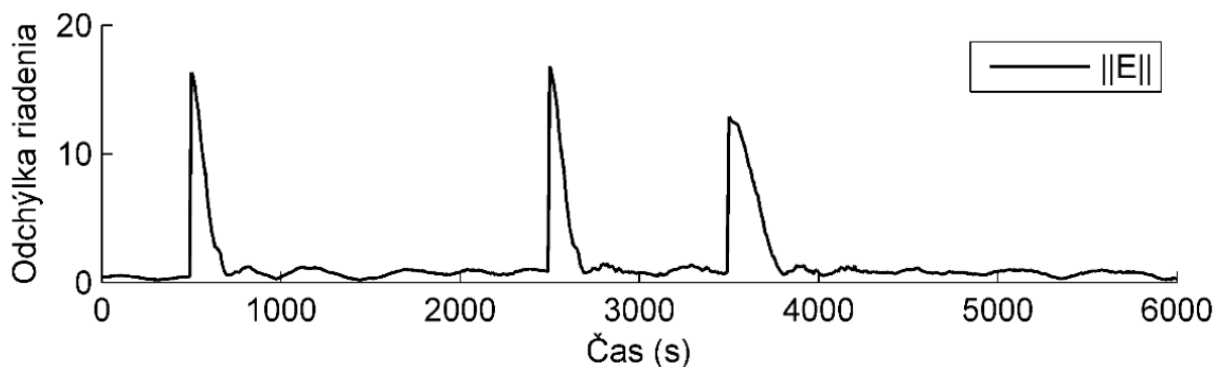
Obr. 9 Priebeg teplôt pri zmenách teplotného poľa (prerušované krivky znázorňujú priebeg žiadaných teplôt). Teploty prislúchajú polohám teplomerov v Obr. 1.



Obr. 10 Priebeg poruchovej veličiny vplývajúcej na systém počas riadenia.



Obr. 11 Priebek výkonov na jednotlivých ohrevných článkoch počas riadenia.



Obr. 12 Priebek regulačnej odchýlky v kvadratickej norme.

Literatúra

Hulkó, G., Belavý, C., Ondrejkoč, K., Bartalský, L., Bartko, M. 2017. Control of technological and production processes as distributed parameter systems based on advanced numerical modeling. *Control Engineering Practice* Vol. 66, pp. 23-38.

Hulkó, G., Ondrejkoč, K., Bartalský, L., Belavý, C. 2003-2018. Distributed Parameter Systems Blockset for Simulink - DPS Blockset for Simulink. *Program CONNECTIONS of The MathWorks – Third-party software product of The MathWorks company*,. Bratislava – Natick.

Hulkó, G., Belavý, C., Ondrejkoč, K., Bartalský, L. 2019. Control of Distributed Parameter Systems an Engineering Approach – Tutorial . 22th IEEE Conference Process Control '19. June 11-14, 2019. Vysoké Tatry.

Ondrejkoč, K., Bartalský, L., Belavý, C., Hulkó, G. 2019. Riadenie systémov s rozloženými parametrami. Učebná pomôcka. Nakladateľstvo STU v Bratislave , 120 strán.