



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

K611 – ÚSTAV APLIKOVANÉ MATEMATIKY



MODELOVÁNÍ SYSTÉMŮ A PROCESŮ

Model Fakulty dopravní

Jana Kuklová, 3 70

2008/2009

Obsah

0.	Úvod.....	3
1.	Model inženýrského studia	4
2.	Model strukturovaného studia.....	8
3.	Závěr	18
4.	Literatura a jiné zdroje informací	19

0. Úvod

Tato práce byla vypracována v rámci předmětu Modelování systémů a procesů, který je vyučován v šestém semestru bakalářského studia na Fakultě dopravní ČVUT v Praze.

Během přednášek jsme byli seznámeni s modelem Fakulty dopravní, který vznikl při jejím zakládání v roce 1993. Jedná se o model diskrétního stavového systému odpovídající 5-letému inženýrskému studiu a hlavním účelem tohoto modelu bylo „zmapování“ vývoje počtu studentů na nově založené fakultě.

Tento model však přestává platit od školního roku 2003/2004, kdy bylo na naší fakultě zahájeno tzv. strukturované studium, které se skládá ze čtyřletého bakalářského a dvouletého magisterského studia. Samozřejmě nebylo možné přejít z jednoho systému na druhý v jednom jediném roce, a proto až do školního roku 2007/2008 probíhaly oba typy studia současně.

Úkolem této práce bylo vytvoření nového modelu Fakulty dopravní, který odpovídá stávajícímu strukturovanému studiu. V první části práce je uveden zmiňovaný původní model, který je pak v další části upraven na model odpovídající strukturovanému studiu. U nového modelu jsou pak následně prodiskutovány jednotlivé koeficienty vystupující v modelu a okomentovány výstupy, které odpovídají realitě.¹

V závěru celé práce je pak provedeno celkové shrnutí týkající se modelu Fakulty dopravní spolu s krátkou diskuzí týkající se budoucnosti tohoto modelu a celé fakulty.

¹ I přesto, že veškeré hodnoty uvedené v modelu jsou smyšlené, byly voleny tak, aby co nejlépe odpovídaly realitě. K odhadům počtů studentů a jednotlivých koeficientů dopomohly jednak osobní zkušenosti z Fakulty dopravní, ale do značné míry také údaje uvedené v [1].

1. Model inženýrského studia

Jak již bylo řečeno v úvodu, 5-tiletému inženýrskému studiu odpovídá model diskrétního stavového systému, který lze zapsat soustavou rovnic:

$$\begin{bmatrix} x_1(n+1) \\ x_2(n+1) \\ x_3(n+1) \\ x_4(n+1) \\ x_5(n+1) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{21} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{12} & a_{22} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a_{13} & a_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a_{14} & a_{24} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & a_{15} & a_{25} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1(n) \\ x_2(n) \\ x_3(n) \\ x_4(n) \\ x_5(n) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times u(n)$$

V modelu vystupují následující veličiny:

$x_i(n)$... studenti, kteří v roce n navštěvují i -tý ročník

$a_{ij}x_{i-1}$... studenti, kteří postoupí do dalšího ročníku

$a_{2i}x_i$... studenti, kteří ročník opakují

Je zřejmé, že musí platit $a_{2i} + a_{i+1} + a_3 = 1$ pro $\forall i$, kde a_3x_i jsou studenti, kteří fakultu opouštějí.

$u(n)$... studenti, kteří jsou v roce n přijati ke studiu

Výstupy tohoto modelu mohou být různé. První výstup, který nás zajímá, je počet studentů, kteří úspěšně absolvují 5-tileté studium:

$$y_A(n) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \alpha \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1(n) \\ x_2(n) \\ x_3(n) \\ x_4(n) \\ x_5(n) \end{bmatrix}$$

V tomto výstupu se vyskytuje koeficient α , který nám vyjadřuje procentuální úspěšnost studentů pátého ročníku u státní závěrečné zkoušky (dále jen SZZ).

Dalším zajímavým výstupem, který je důležitý zejména v prvních pěti letech od založení fakulty, je vývoj celkového počtu studentů:

$$y_C(n) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x_1(n) \\ x_2(n) \\ x_3(n) \\ x_4(n) \\ x_5(n) \end{bmatrix}$$

Model tohoto systému sestavený v Simulinku je uveden na obrázku č. 1, přičemž pro studenty, kteří jsou v roce n přijati ke studiu, byl zvolen simulinkový blok „xxxxxxxxxxxxxxxxx“. Důvod volby právě tohoto bloku bude diskutován až v další části práce.

Obr. 1 Model Fakulty dopravní pro 5-tileté inženýrské studium

Je jasné, že model nikdy přesně neodpovídá skutečnosti a mnohé věci se v modelech zanedbávají za účelem jejich jednoduchosti a přehlednosti. Vždy je však třeba se zamyslet nad tím, zda je daná nepřesnost stále ještě zanedbatelná, či nikoli.

Příkladem takového zjednodušení, kterého jsme se dopustili v uvedeném modelu, je zanedbání studentů, kteří přecházejí na fakultu během studia. Jedná se především o přestupy studentů z jiných fakult. Kdybychom chtěli tyto studenty do našeho modelu zahrnout, pak by se změnil následujícím způsobem:

Jeho simulinkový model je pak uveden na obrázku č. 2.

Pro nové vstupní funkce je opět volen blok „xxxxxxxxxxxxxxxx“. Vstupní funkce bude sice stejná jako u studentů přijatých do prvního ročníku, ale její parametry budou jiné. Zatímco do prvního ročníku bude přijímáno přibližně 500 studentů, přestupy se týkají každoročně jen několika málo studentů. A to je právě ten důvod, proč si v tomto případě můžeme dovolit tyto vstupy zanedbat. Počet studentů, kteří na naši fakultu přestoupí, se v celkovém počtu studentů ztratí.

Jinak bychom ovšem museli uvažovat v případě, že bychom očekávali masový příval studentů z jiných fakult (například příchod 50 studentů z FELu, kteří ve třetím ročníku zjistí, že to nezvládají, a tedy budou chtít přestoupit do 2. ročníku na naši fakultu). Tento „vstup“ do modelu by pak určitě nebyl zanedbatelný a byli bychom nuceni použít model složitější.

Obr. 2 Model Fakulty dopravní pro 5-tileté inženýrské studium, ve kterém jsou uvažovány přestupy studentů z jiných fakul

2. Model strukturovaného studia

Nyní se dostáváme k modelu, který odpovídá strukturovanému studiu. Celý model v zásadě vychází z modelu předchozího, je třeba pozměnit a doplnit některé konstanty a vstupy.

Při modelování strukturovaného studia je třeba si uvědomit změny, ke kterým dochází oproti dosavadnímu studiu: První čtyři roky studia jsou zakončeny bakalářskou SZZ, po které může student pokračovat v navazujícím magisterském programu, ukončit studium, nebo odejít na jinou vysokou školu. Do magisterského studia pak nastupují studenti, kteří se rozhodnou ve studiu pokračovat, ale také studenti z jiných škol. Pro magisterské studium je standardně vypisováno přijímací řízení a předpokládá se, že počet přicházejících studentů z jiných škol není možné zanedbat. Zakončení magisterského studia je pak už shodné s předchozím modelem.

System strukturovaného studia lze tedy vyjádřit následující soustavou rovnic:

V modelu vystupují následující veličiny:

$x_i(n)$... studenti, kteří v roce n navštěvují i -tý ročník

Pozn.: $i = 1, 2, 3, 4$ odpovídají čtyřem ročníkům bakalářského studia,
 $i = 5, 6$ prvnímu a druhému ročníku magisterského studia.

$b_{1i}x_{i-1}$... studenti, kteří postoupí do dalšího ročníku bakalářského studia

$b_{2i}x_i$... studenti, kteří ročník bakalářského studia opakují

Pozn.: Musí platit $x_2 + b_{12}x_1 + b_{22}x_2 = x_2$ kde x_2 jsou studenti, kteří v daném roce fakultu opouštějí během bakalářského studia.

$m_{1i}x_{i-1}$... studenti, kteří postoupí do dalšího ročníku magisterského studia

$m_{2i}x_i$... studenti, kteří ročník magisterského studia opakují

Pozn.: Opět musí platit $m_{2i} + m_{1i} + m_3 = 1$, kde m_3x_i jsou studenti, kteří v daném roce fakultu opouštějí během magisterského studia.

α ... koeficient vyjádřený v %, který nám říká, kolik studentů pokračuje po úspěšném absolvování bakalářského studia v navazujícím magisterském studiu

$u_B(n)$...studenti, kteří jsou v roce n přijati do prvního ročníku bakalářského studia

$u_M(n)$...studenti, kteří jsou v roce n přijati do prvního ročníku magisterského studia z jiné školy (tedy nenavazují přímo na bakalářské studiu Fakulty dopravní)

Jako první výstup se nabízí počet studentů, kteří úspěšně zakončí bakalářské studium SZZ (bez ohledu na to, zda bude student ve studiu pokračovat):

Koeficient β ve výstupu vyjadřuje procentuální úspěšnost studentů čtvrtého ročníku bakalářského studia u SZZ.

Analogicky lze vyjádřit počet studentů, kteří úspěšně zakončí magisterské studium SZZ:

Koeficient μ ve výstupu vyjadřuje procentuální úspěšnost studentů druhého ročníku magisterského studia u SZZ.

Celkový počet studentů, kteří v daném roce získají diplom (bakalářský, či magisterský), bude pak vypadat následujícím způsobem:

Dalším výstupem, který nás bude v souvislosti se zavedením strukturované formy studia zajímat, je počet studentů, kteří po úspěšném absolvování bakalářského studia ukončí své studium na fakultě, a to buď z důvodu přestupu na jinou školu (popř. fakultu), či úplného ukončení studia. Pomocí již zavedených koeficientů lze tento výstup vyjádřit následujícím způsobem:

Zřejmě musí platit $\beta \geq \alpha$

V případě zřízení nového systému nás bude také zajímat vývoj celkového počtu studentů, a to zejména během prvních šesti let. Je třeba si uvědomit, že v této době (během prvních šesti let) studovali na fakultě jak studenti původního inženýrského studia, tak studenti strukturovaného studia (úbytek studentů po dobíhajícím inženýrském studiu se postupně nahrazoval příbytkem studentů strukturovaného studia).

Výstup pro sledování vývoje celkového počtu studentů strukturovaného studia se vyjádří jako:

Model strukturovaného studia je opět vytvořen v Simulinku na obrázku č. 3.

Obr. 3 Model Fakulty dopravní pro strukturované studium

Nyní je třeba zamyslet se nad jednotlivými koeficienty v modelu. Na první problém narazíme u koeficientu, který udává počet studentů, kteří opakují ročník. Problém spočívá v tom, že studenti obvykle postoupí do dalšího ročníku i přesto, že nemají hotové všechny předměty. V praxi to znamená, že ročník neopakují, ale opakují pouze chybějící předměty. A ve chvíli, kdy student nemá dostatečný počet kreditů pro postup do dalšího ročníku, z fakulty odchází. Výjimku tvoří 4. ročník, který student opakuje v případě, že nemá do čtyř let splněny všechny předměty, a tedy nemůže být připuštěn ke SZZ. Analogicky to funguje na magisterském studiu. V důsledku těchto pravidel, která jsou na fakultě zavedena, můžeme psát, že $b_{21} + b_{22} + b_{23} + m_{21} = 0$.²

Další koeficienty lze přibližně odhadnout z praxe:

Tento koeficient nám říká, že přibližně xxxxx studentů splní podmínky pro postup do druhého ročníku.

Tyto koeficienty jsou na první pohled zvoleny vcelku nelogicky, protože bychom očekávali, že s přibývajícím ročníky bude ubývat úmrtnost studentů. Důvodem takovéto volby je další pravidlo, které na fakultě platí. Čtyřleté bakalářské studium je totiž rozděleno do dvou bloků, přičemž první blok musí student dostudovat během prvních tří let. Ukazuje se, že ve třetím ročníku bakalářského studia je mnoho takových studentů, kterým chybí předměty z prvních dvou let, což je pak příčinou relativně vysoké úmrtnosti studentů po třech letech studia.

Tento koeficient vyjadřuje, že přibližně xx% studentů, kteří se dostanou do čtvrtého ročníku, si o jeden rok prodlouží studium.

Zde je vyjádřen předpoklad, že úmrtnost studentů na magisterském studiu je již minimální a počet studentů, kteří si navazující magisterské studium o rok prodlouží je také velmi malý.

Tyto dva koeficienty znamenají relativně vysokou úspěšnost u SZZ (bakalářského, resp. magisterského studia). Je zde vyjádřen předpoklad, že student, který se k SZZ dostane, již nemá větší problémy zkoušku složit.

² Tyto koeficienty by nebyly nulové v případě, že bychom modelovali vývoj počtu studentů, kteří mají zapsaný daný předmět. Například Matematickou analýzu a Fyziku opakuje velká část studentů, což by bylo vyjádřeno právě tímto koeficientem.

$$\alpha = 0.7$$

Koeficient α ukazuje asi hlavní zranitelnost strukturovaného studia, jelikož počet studentů, kteří úspěšně absolvují bakalářské studium a posléze pokračují v navazujícím magisterském studiu, je relativně malý.

Nyní zbývá vyřešit „zdroje“ studentů, pro které byl v modelu opět zvolen blok „zzzzzzzzzzzzzzzz“.

Do prvního ročníku bakalářského studia obvykle nastoupí přibližně necelých 500 studentů, a proto jsou koeficienty v bloku zvoleny v rozmezí od 470 do 500. Toto číslo se každoročně nepatrně mění, což je právě vyjádřeno koeficienty zvolenými ve zdrojovém bloku.

Co se týče magisterského studia, do prvního ročníku nastoupí nejen studenti, kteří se rozhodnou pokračovat po ukončení bakalářského studia, ale také studenti přicházející z jiných škol. Těchto studentů je relativně málo. Každý rok přichází trochu jiný počet studentů, a proto byl v modelu opět zvolen blok „xxxxxxxxxxxxxxxx“, tentokrát v rozmezí od 5 do 10.

Z předchozích dvou odstavců by mělo být zřejmé, proč byl zvolen právě blok „xxxxxxxxxxxxxxxx xxxx“ . Každý rok bude na fakultu přicházet rozdílný počet studentů, ale předpokládáme, že vždy to bude v daném rozmezí, které bylo na vstupu definováno.

Nyní se můžeme podívat na výstupy ze simulinkového modelu se zvolenými koeficienty, který je znázorněn na obrázku č. 4.

Obr. 4 Model Fakulty dopravní pro strukturované studium se zvolenými koeficienty

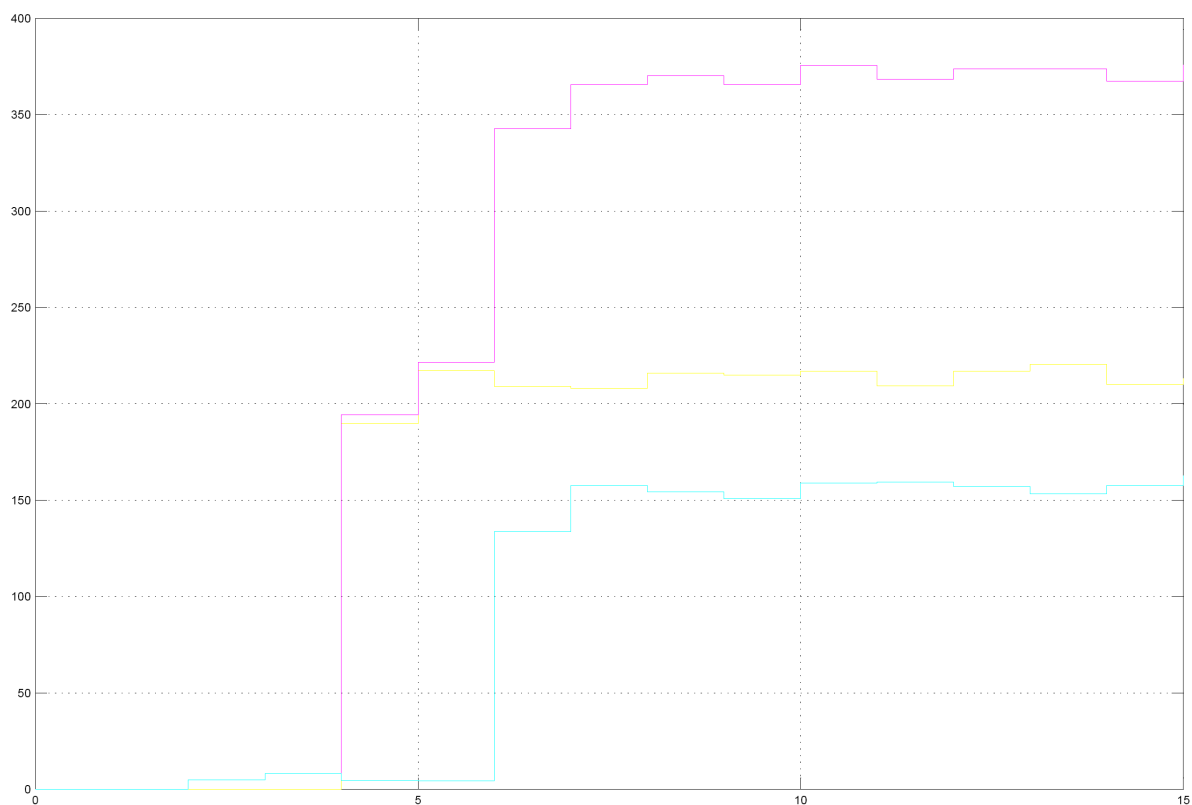
Všechny výstupy odpovídají prvním 15-ti rokům strukturovaného studia

V grafu na obrázku č. 5 jsou současně zobrazeny tři výše uvedené výstupy:

$y_B(n)$... počet studentů, kteří úspěšně zakončí bakalářské studium SZZ – žlutou barvou

$y_M(n)$... počet studentů, kteří úspěšně zakončí magisterské studium SZZ – modrou barvou

$y_A(n)$... počet studentů, kteří v daném roce získají diplom – růžovou barvou

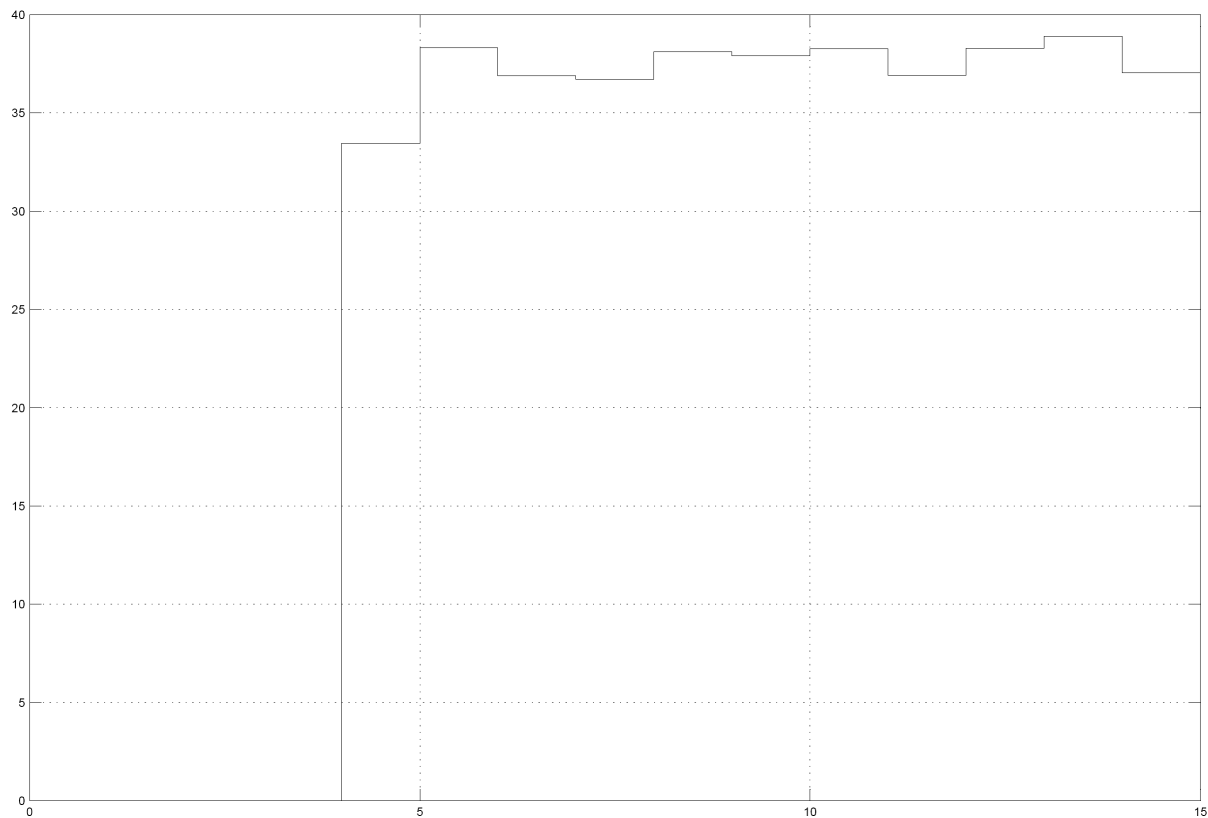


Obr. 5 Výstup, ze kterého je patrný vývoj počtu absolventů FD

Můžeme si všimnout, že první absolventi bakalářského studia se objevují až po čtyřech letech od zavedení strukturovaného studia. První absolventy magisterského studia máme již po dvou letech, ale jedná se pouze o velmi malý počet studentů, kteří přišli na fakultu z jiných škol a od prvního roku studovali v navazujícím magisterském studijním programu.³ Prudký nárůst absolventů navazujícího magisterského studia vidíme až po šesti letech, kdy získávají diplom první studenti, kteří absolvovali celé šestileté studium na fakultě dopravní. Pro zajímavost je uveden i vývoj celkového počtu absolventů strukturovaného studia, který je součtem absolventů bakalářského a magisterského studia. Zde je nutné si uvědomit, že během prvních šesti let je celkový počet absolventů fakulty doplněn těmi, kteří dokončují 5-tileté inženýrské studium (ještě podle starého systému).

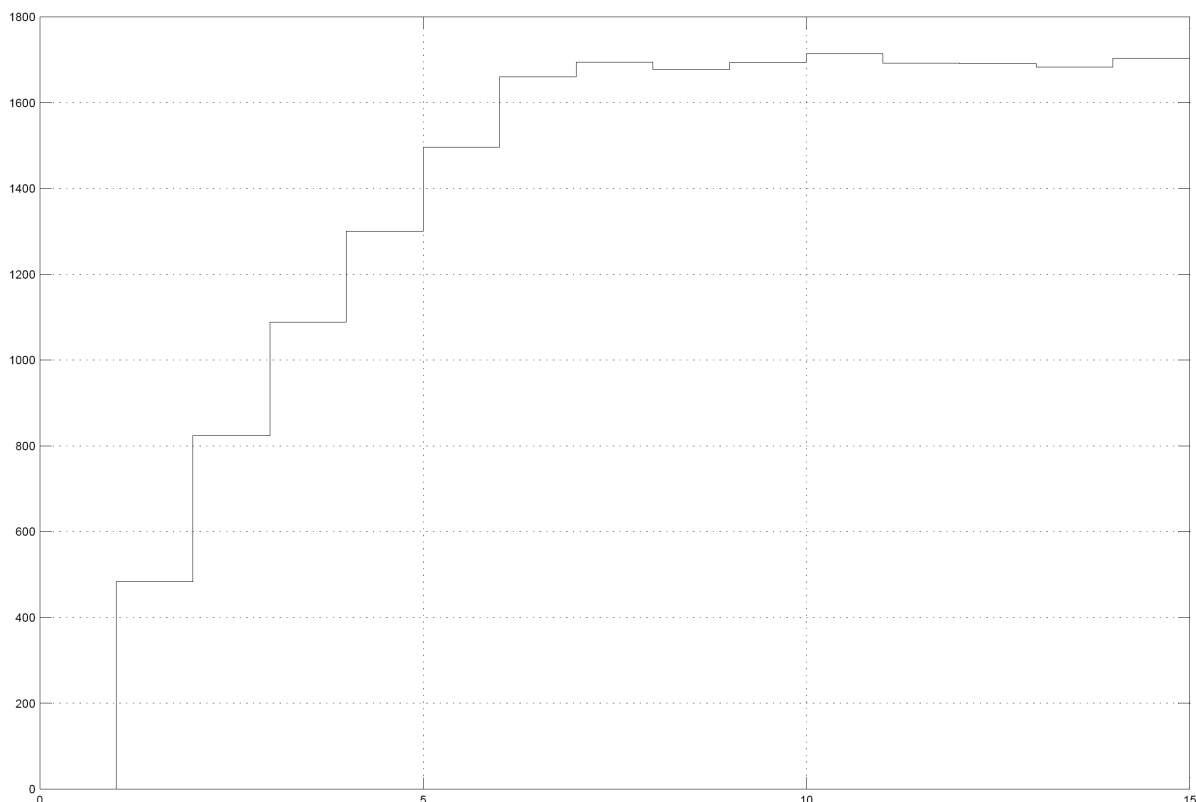
³ Otázkou zůstává, zda byl navazující magisterský program spuštěn již od prvního roku. Je velmi pravděpodobné, že navazující magisterský program byl započat až v pátém roce. V tomto modelu je však uvažován první případ.

Na obrázku č. 6 je znázorněn výstup $y_F(n)$, tedy počet studentů, kteří se po úspěšném absolvování bakalářského studia rozhodnou, že nebudou pokračovat v navazujícím magisterském programu. První čtyři roky máme na výstupu nulovou hodnotu, což je důsledkem toho, že první čtyři roky se teprve na první absolventy čeká.



Obr. 6 Vývoj počtu studentů, kteří po absolvování bakalářského studia nepokračují v navazujícím magisterském studijním programu

Poslední výstup $y_c(n)$ je znázorněn na obrázku č. 7. Z obrázku je patrný vývoj celkového počtu studentů strukturovaného studia.



Obr. 7 Vývoj celkového počtu studentů strukturovaného studia

U všech výše uvedených výstupů je vždy zajímavé sledovat prvních šest let, ze kterých je patrný vývoj počtu studentů v novém strukturovaném systému. Po šesti letech již začíná být počet studentů více méně stabilní a v modelu se již v podstatě neděje nic zajímavého.

V případě celkového počtu studentů jsme se podle modelu dostali přibližně na 1700 studentů. Když uvážíme, že na škole je dále více než 200 doktorandů, tak celkový počet studentů na fakultě je necelých 2000, což odpovídá statistikám, které byly uveřejněny pro školní rok 2007/2008 v [2].

Na závěr můžeme provést úvahu o počátečních podmínkách. Tak jak je zde model uveden, nebylo třeba udávat žádné počáteční podmínky, jelikož jsme modelovali systém strukturovaného studia tzv. „od nuly“. Kdyby nás však zajímal vývoj až od kteréhokoli jiného roku (např. od čtvrtého roku po zavedení strukturovaného studia), tak bychom museli znát aktuální počty studentů v jednotlivých ročnících, které by pak v modelu vystupovaly jako počáteční podmínky. Výstupy tohoto systému by se pak neměly od toho stávajícího příliš lišit, pouze by došlo k posunu na ose x.

3. Závěr

V této práci byl vytvořen model stávajícího systému na fakultě dopravní. V loňském školním roce bylo definitivně ukončeno 5-tileté inženýrské studium, a od letošního školního roku máme tedy pouze studium strukturované.

Od příštího akademického roku se opět přechází na nové studijní plány s tím, že bakalářské studium bude zkráceno na tři roky. Model tohoto systému by byl téměř totožný, pouze by „chyběl“ jeden ročník v bakalářské části studia a s největší pravděpodobností by bylo třeba pozměnit některé koeficienty, protože se říká, že tříleté bakalářské studium bude všeobecně o něco náročnější než studium čtyřleté.

4. Literatura a jiné zdroje informací

- [1] Pohl, R. a kol.: Almanach Fakulty dopravní ČVUT v Praze k 15. výročí založení 1993 – 2008, Praha 2008

- [2] ČVUT v Praze, Fakulta dopravní, Informace o studiu a přijímacím řízení pro akademický rok 2009/2010
(informační brožura zpracována v roce 2008 studijním oddělením FD ČVUT v Praze)

- [3] <http://zolotarev.fd.cvut.cz/msap>
(webové stránky předmětu Modelování systému a procesů)