ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

Samostatná práce z KIV/VSP

příklad č. 4, okruh 0

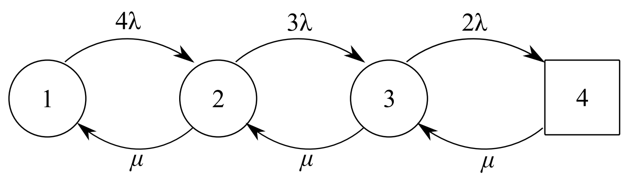
Ivan Habernal, A02226
e-mail: habernal@students.zcu.cz
datum narození: 5. 7.

1 Zadání

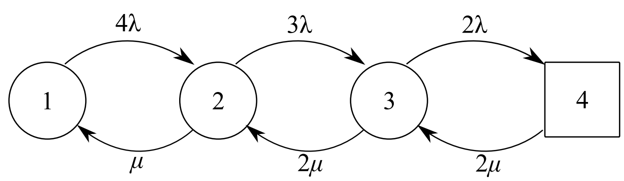
Spolehlivostně řešený počítačový systém má čtyři shodné moduly s konstantní intenzitou poruch λ a konstantní intenzitou oprav μ. Pro správnou funkci systému jsou nutné 2 neporouchané moduly. Při poruše celého systému (probíhá oprava) se zbývající (jeden) zdravý modul vypíná (alternativa – nevypíná). Současně lze opravovat 1 (alternativně 2) moduly.

2 Matematické řešení

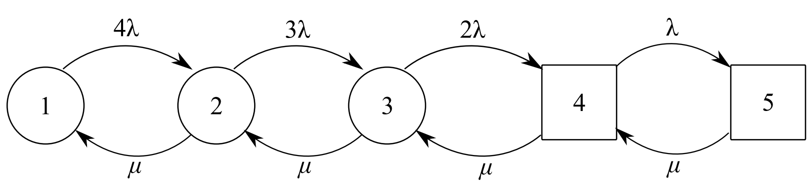
Pro všechny možnosti sestavíme markovské modely. Kulaté stavy znamenají, že je systém funkční; čtvercové, že je systém nefunkční.



Obrázek 1: Graf přechodů, kdy se při poruše systému zbývající zdravý modul vypíná a lze současně opravovat pouze 1 modul.



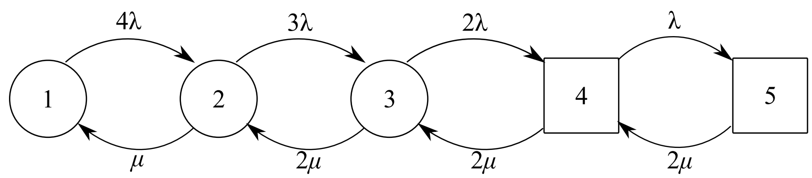
Obrázek 2: Graf přechodu, kdy se při poruše systému zbývající zdravý modul vypíná a lze současně opravovat 2 moduly.



Obrázek 3: Graf přechodu, kdy se při poruše systému zbývající zdravý modul nevypíná a lze současně opravovat pouze 1 modul.

Ve stavu 1 fungují všechny 4 moduly, ve stavu 2 je porouchaný jeden modul a ostatní tři fungují, ve stavuj 3 jsou porouchané dva moduly (systém jako celek už nefunguje) a další dva moduly fungují, ve stavu 4 jsou porouchané tři moduly a jeden modul funguje (příp. je odpojen) a ve stavu 5 nefunguje žádný modul.

Pro teoretický výpočet dále uvažujme kvůli menšímu počtu stavů první příklad („zdravý“ modul se vypíná, opravuje se současně pouze jeden); výpočet ostatních by probíhal analogicky.



Obrázek 4: Graf přechodu, kdy se při poruše systému zbývající zdravý modul nevypíná a lze současně opravovat 2 moduly.

Sestavíme proto soustavu rovnic pro ustálené pravděpodobnosti stavů s využitím frekvenční rovnováhy včetně nezbytné normalizační podmínky.

$$\begin{aligned}
4\lambda p_1 &= \mu p_2 \\
4\lambda p_1 + p_3\mu &= (3\lambda + \mu)p_2 \\
3\lambda p_2 + \mu p_4 &= (2\lambda + \mu)p_3 \\
2\lambda p_3 &= \mu p_4 \\
p_1 + p_2 + p_3 + p_4 &= 1
\end{aligned}$$

Z první, druhé a třetí rovnice postupně dostaneme

$$\begin{aligned}
p_2 &= \frac{4\lambda}{\mu} p_1 \\
p_3 &= \left((3\lambda + \mu) \cdot 4\lambda - \frac{4\lambda}{\mu} \right) p_1 \\
p_4 &= \frac{2\lambda}{\mu} \left((3\lambda + \mu) \cdot 4\lambda - \frac{4\lambda}{\mu} \right) p_1
\end{aligned}$$

a získané p_2, p_3 a p_4 dosadíme do normalizační podmínky a získáme p_1.

$$\begin{aligned}
\frac{1}{p_1} &= 1 + \frac{4\lambda}{\mu} + \left((3\lambda + \mu) \cdot 4\lambda - \frac{4\lambda}{\mu} \right) \cdot \left(1 + \frac{2\lambda}{\mu} \right) \\
&\vdots \\
p_1 &= 1\frac{\mu}{4\lambda} + \frac{1}{12\lambda^2} + \frac{1}{4\mu\lambda} - \frac{\mu}{4\lambda} + \frac{\mu}{24\lambda^3} + \frac{1}{8\lambda} - \frac{\mu^2}{8\lambda^2}
\end{aligned}$$

Odtud bychom zpětným dosazením dostali pravděpodobnosti $p_2 - p_4$ (záměrně jsem vynechal).

Součtem pravděpodobností stavů, ve kterých je systém funkční, dostaneme *stacionární koeficient pohotovosti* – K_p. Jedná se o limitní případ *okamžitého koeficientu pohotovosti* $K_p(t)$, který udává pravděpodobnost, že systém bude v čase t provozuschopný. Platí tedy

$$K_p = \lim_{t \to \infty} K_p(t)$$

a pro náš systém, kde je systém funkční ve stavech 1, 2 a 3 pak platí

$$K_p = p_1 + p_2 + p_3.$$

Odtud bychom dále vypočítali *střední dobu provozu* T_s podle vztahu

$$K_p = \frac{T_s}{T_s + T_0},$$

ale tady už jsem si nějak nevěděl rady…

3 Programátorské řešení

Pro simulační spolehlivostní model bychom se (podle mého názoru) mohli obejít i bez knihovny *J-Sim* a použít postup z [**?**] (příklad 7.7). Přesto *J-Sim* použijeme. Zde načrtnu jakýsi náznak dekompozice a řešení:

- od *procesu* (J-Sim) oddědíme třídu *modul* se stavem fungující/rozbitý;
- vytvoří se čtyři moduly se zadanou intenzitou poruch/oprav;
- v hlavní smyčce simulace se
  - pro aktivní fungující modul vygeneruje čas, za kdy se porouchá, a uspí se;
  - pro aktivní rozbitý modul vygeneruje čas, za kdy bude opraven, a uspí se;
  - v každém časovém kroku zjistí, jestli systém funguje a aktualizují se statistiky;

čili v porovnání se SHO je zde objektová analýza velmi jednoduchá (proto záměrně vynechám i UML diagram).

Úlohu jsem tedy naprogramoval pro případ, že je možno opravovat současně dva moduly a při výpadku systému se zbývající moduly nevypínají. Počet souběžně opravovaných modulů lze nastavi konstantou `REPAIRING_AVAILABILITY` ve třídě `SystemSimulation`, kde lze také nastavit celkový počet modulů a minimální počet modulů, kdy lze ještě systém pokládat za funkční.

Program kromě výstupu výsledků na konzoli ještě loguje do souboru `app.log`, defaultní logování J-Simu je vypnuto. K sestavení je nutné mít nainstalovaný Ant, popis tasků je v souboru `README.TXT`.

Reference

[1] Racek S.: *Pravděpodobnostní modely počítačů*, (nevydáno).