Národní informační středisko pro podporu kvality

Matematický model kontrolního stanoviště montážní linky

RNDr. Jiří Michálek, CSc
CQR při ÚTIA AVČR

Motivace

Tvorba modelu je motivována výrobou zdravotnické techniky-ventily pro kyslík

Každý výrobek je po smontování testován na různé tlaky a na těsnost

Pokud výrobek testem neprojde, je opravován a testován, až je v pořádku

To vyvolává i několik oprav a testů u téhož výrobku za sebou

Tvorba vhodného modelu

Použitý model je založen na markovském řetězci definovaném stavy:

T..............test

Ok............ventil projde napoprvé

R1.............1.oprava

R2.............2.oprava

....

Rk............k-tá oprava

S..............scrap

Tvorba vhodného modelu

Matice pravděpodobností přechodů

	T	Ok	R1	R2	R3	S
T	0	*	*	0	0	0
Ok	1	0	0	0	0	0
R1	0	*	0	*	0	0
R2	0	*	0	0	*	0
R3	0	*	0	0	0	*
S	1	0	0	0	0	0

Vlastnosti markovského řetězce

- Řetezec je aperiodický a nerozložitelný s jedinou třídou ergodických stavů
- Existuje jediné stacionární rozdělení
- Tyto vlastnosti nezávisejí na počtu oprav
- Teoreticky by se dal uvažovat i nekonečný počet oprav, ale pak má řetězec jiné vlastnosti
- Stav S je uměle zaveden, v praxi není

Semi-markovské řetězce

Semi-markovský řetezec je definován pravděpodobnostmi $Q_{kl}(t)$, která znamená

pravděpodobnost přechodu ze stavu k do stavu l za dobu maximálně délky t

V našem modelu bylo uvažováno

$$Q_{kl}(t)=P_{kl}* Pst(\tau(kl)\leq t),$$

kde P_{kl} jsou pravděpodobnosti přechodů vloženého markovského řetezce

Náhodné časy

Ke každé dvojici stavů existuje náhodná veličina, která představuje čas strávený během přechodu z jednoho stavu do druhého

Možná rozdělení: lognormální, Weibullovo,
gama, normální

Volba vhodné distribuce musí být odvozena od konkrétních dat

Kompozice náhodných časů

T→Ok doba testu + řízení shodného kusu

T→R1   doba testu + doba 1.opravy

Ok →T doba přípravy dalšího kusu na test

R1 →Ok doba testu + řízení shodného kusu

R1 →R2 doba testu + doba 2.opravy

R2 →Ok doba testu + řízení shodného kusu

....

Rk →S doba testu + doba řízení neshodného kusu

S →T doba přípravy dalšího kusu na test

Vlastnosti semi-markovského řetězce

Klasifikace stavů je stejná jako u vloženého markovského řetězce

Tento semi-markovský řetězec je regenerativní proces: po každém průchodu stavem T je pokračování procesu pravděpodobnostní replikou předcházejícího cyklu

Proces se tak skládá z cyklů T →T

Nejdůležitější charakteristiky

1. Průměrná doba mezi dvěma stavy Ok
2. Průměrná doba mezi dvěma stavy S
3. Průměrná doba jednoho cyklu
4. Průměrný počet shodných kusů za jednotku času
5. Průměrný počet neshodných kusů za jednotku času

Další možnosti

Každý přechod může být spojen s ekonomickými náklady tj. např. cena testu, cena k-té opravy, cena za neshodný kus

Tím se vytváří další semi-markovský řetězec

a lze spočítat např. průměrné náklady na shodný kus v závislosti na matici pravděpodobností přechodu vloženého markovského řetězce

Případová studie

Data byla získána z průběhu jedné směny

celkem bylo k dispozici 850 údajů z automatického záznamu z kontrolního stanoviště

Každý záznam znamenal dosažení nějakého stavu z množiny Ok, R1,.....,R10

Pro zjednodušení stavy R4 – R10 byly sloučeny do stavu S

Pravděpodobnosti přechodů byly odhadnuty na základě relativních četností

Matice pravděpodobností přechodů

	T	Ok	R1	R2	R3	S
T	0	0,6044	0,3956	0	0	0
Ok	1	0	0	0	0	0
R1	0	0,6030	0	0,3970	0	0
R2	0	0,6230	0	0	0,3797	0
R3	0	0,3810	0	0	0	0,6190
S	1	0	0	0	0	0

Doby přechodů

Naměřená data bohužel neobsahovala údaje o časech

Pro zjednodušení byly uvažovány odhady středních dob trvání přechodů na základě dotazů a je nutné je brát pouze orientačně

Rovněž nejsou žádné údaje o možných nákladech jednotlivých operací při testech

Průměrné doby přechodů

Časy jsou v minutách:

T →Ok....................1,08
T →R1....................1,25
Ok →T....................0,25
R1 →Ok..................1,08
R1 →R2..................1,35
R2 →Ok..................1,08
R2 →R3..................1,45
R3 →Ok..................1,08
R3 →S.....................1,15
S →T......................0,25

Výsledky-markovský řetězec

Stacionární rozdělení:

T	Ok	R1	R2	R3	S
0,3811	0,3665	0,1524	0,0810	0,0244	0,0146

Průměrný čas 1.návratu:

T	Ok	R1	R2	R3	S
2,6240	2,7288	6,56	6,65	16,4	68,3333

(čas je vyjádřen v počtu přechodů)

Výsledky-semi-markovský řetězec

Průměrné doby pro počet n přechodů:

n=1	1,1480	n=6	5,1166
n=2	1,7732	n=7	5,9325
n=3	2,7185	n=8	6,7521
n=4	3,4649	n=9	7,5643
n=5	4,3084	n=10	8,3835

pro n větší než 10 lze použít aproximaci

An+B s A=0,8161 B=0,2211(časy jsou v min)

Výsledky-semi-markovský řetězec

Průměrný čas 1.návratu z T do T, tedy průměrná doba jednoho základního cyklu:

2,1415 min

Během této doby je pravděpodobnost výskytu shodného kusu rovna 0,9616 a pravděpodobnost výskytu neshodného kusu je tedy 0,0384

Výsledky-semi-markovský řetězec

Z těchto údajů plyne, že za jednu hodinu kontrola v průměru vyřídí cca 28 výrobků

Shodný výrobek projde stanovištěm v průměru za 2,2270 min a jeden neshodný kus za cca 55,7668 min

Tedy v souhrnu lze říci, že za jednu hodinu projde cca 27 shodných kusů a jeden neshodný

Program

Model byl vytvořen v prostředí Matlab

byla vytvořena speciální funkce MR.m, která slouží obecně k vyhodnocování markovských a semi-markovských řetězců

Vstupy jsou pravděpodobnosti přechodů vloženého markovského řetězce a průměrné doby setrvání v jednotlivých přechodech

A to je konec….zatím

Děkuji za pozornost