

# **A6M33SSL: Statistika a spolehlivost v lékařství**

## **Teorie spolehlivosti**

Vojta Vonásek  
vonasek@labe.felk.cvut.cz

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická  
Katedra kybernetiky

# A6M33SSL - přehled

## Obsah "spolehlivostní" části A6M33SSL

- Jak modelovat náhodné poruchy komponent a celých systémů
- Jak zvýšit jejich spolehlivost
- Jak modelovat složitější systémy s různými poruchami (a opravami)

## Související předměty

- A4M33TVS: Testování a verifikace software
- A3M38DIT Diagnostika a testování

## Zkouška

- Teoretické otázky, početní příklady, znalost z přednášek i cvičení!

\*\*\* STOP: 0x00000019 (0x00000000,0xC00E0FF0,0xFFFFEFD4,0xC0000000)  
BAD\_POOL\_HEADER

CPU ID: GenuineIntel 5.2.c irq1:1f SYSVER 0xf0000565

Dll Base	DateStmp	- Name	Dll Base	DateStmp	- Name
80100000	3202c07e	- ntoskrnl.exe	80010000	31ee6c52	- hal.dll
80001000	31ed06b4	- atapi.sys	80006000	31ec6c74	- SCSIPTOR.SYS
802c6000	31ed06bf	- aic78xx.sys	802cd000	31ed237c	- Disk.sys
802d1000	31ec6c7a	- CLASS2.SYS	8037c000	31eed0a7	- Ntfs.sys
fc698000	31ec6c7d	- Floppy.SYS	fc6a8000	31ec6ca1	- Cdrom.SYS
fc90a000	31ec6df7	- Fs_Rec.SYS	fc9c9000	31ec6c99	- Null.SYS
fc864000	31ed868b	- KSecDD.SYS	fc9ca000	31ec6c78	- Beep.SYS
fc6d8000	31ec6c90	- i8042prt.sys	fc86c000	31ec6c97	- mouclass.sys
fc874000	31ec6c94	- kbdclass.sys	fc6f0000	31f50722	- UIDEOPORT.SYS
feffa000	31ec6c62	- mga_mil.sys	fc890000	31ec6c6d	- vga.sys
fc708000	31ec6ccb	- Msfs.SYS	fc4b0000	31ec6cc7	- Npfs.SYS
fefbc000	31eed262	- NDIS.SYS	a0000000	31f954f7	- win32k.sys
feffa000	31f91a51	- mga.dll	fec31000	31eedd07	- Fastfat.SYS
feb8c000	31ec6e6c	- TDI.SYS	feaf0000	31ed0754	- nbfs.sys
feacf000	31f130a7	- tcpip.sys	feab3000	31f50a65	- netbt.sys
fc550000	31601a30	- e159x.sys	fc560000	31f8f864	-afd.sys
fc718000	31ec6e7a	- netbios.sys	fc858000	31ec6c9b	- Parport.sys
fc870000	31ec6c9b	- Parallel.SYS	fc954000	31ec6c9d	- ParUdm.SYS
fc5b0000	31ec6cb1	- Serial.SYS	fea4c000	31f5003b	- rdr.sys
fea3b000	31f7a1ba	- mup.sys	fe9da000	32031abe	- srv.sys

Address	dword dump	Build [1381]	- Name	
fec32d84	80143e00	80143e00 80144000	ffdfdf00 00070b02	- KSecDD.SYS
801471c8	80144000	80144000 ffdff000	c03000b0 00000001	- ntoskrnl.exe
801471dc	80122000	f0003fe0 f030eee0	e133c4b4 e133cd40	- ntoskrnl.exe
80147304	803023f0	0000023c 00000034	00000000 00000000	- ntoskrnl.exe

Restart and set the recovery options in the system control panel  
or the /CRASHDEBUG system start option.

# Motivační příklad — harddisk

E-shop nabízí v akci špičkový harddisk (HDD) s parametrem MTBF = 1.4 milión hodin (cca 160 let).



Vymyšlen s ohledem na odolnost a spolehlivost

Hodnota až 1,4 milionu hodin MTBF znamená, že tento disk se špičkovým výkonem poskytuje nejvyšší úroveň spolehlivosti pro nepřetržitý provoz v těch nejnáročnějších prostředích úložišť.

## Parametry a specifikace



Použití	Do počítače, Do serveru
Typ úložiště	HDD
Kapacita	4 000 GB (4 TB)
Formát	3,5"
Barva	Stříbrná
▼ Více parametrů	

# Motivační příklad — harddisk

E-shop nabízí v akci špičkový harddisk (HDD) s parametrem MTBF = 1.4 milión hodin (cca 160 let).

- Znamená to, že disk vydrží 160 let?
- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu? A tuto přednášku?
- Jaká je pravděpodobnost poruchy HDD během této přednášky?
- Může uživatel ovlivnit výskyt poruch?
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?



# Motivační příklad — harddisk

E-shop nabízí v akci špičkový harddisk (HDD) s parametrem MTBF = 1.4 milión hodin (cca 160 let).

- Znamená to, že disk vydrží 160 let?
- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu? A tuto přednášku?
- Jaká je pravděpodobnost poruchy HDD během této přednášky?
- Může uživatel ovlivnit výskyt poruch?
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?

MTBF = mean time between failures — střední doba mezi poruchami

- **Proč "střední doba"?**
- **Jak je definována porucha HDD?**

# Teorie spolehlivosti

- Analýza systému
  - modely spolehlivosti/poruchovosti komponent a systémů
  - měření parametrů systémů (např. měření MTBF)
- Syntéza systémů
  - Jak navrhnout systém s požadovanou spolehlivostí
  - Jak zvýšit spolehlivost existujícího systému?

## Historie

- První studie spolehlivosti po 1. světové válce (nehody letadel)
- Větší rozvoj během 2. svět. války, např. při vývoji V1
- Probability law of series components → i když je systém složen z velkého množství kvalitních komponent, jeho celková spolehlivost může být nízká.

# Teorie spolehlivosti

**Spolehlivost:** pravděpodobnost, že systém (prvek) vykonává požadovanou funkci v uvažovaném časovém intervalu.

**Poruchy:** jevy, kvůli kterým zařízení nefunguje správně

- Posouzení, zda je jev poruchou na základě podmínek provozu
  - Rozbitá žárovka (jev) v lustru nemusí být poruchou
  - Rozbitá žárovka (jev) v kontrolním panelu jaderné elektrárny je poruchou
- Významnost/vážnost poruch
  - katastrofické
  - významné
  - nevýznamné
- Typy poruch:
  - závislé, nezávislé
  - trvalé, dočasné
  - časné, dožitím

**V SSL budeme uvažovat poruchy náhodné a trvalé**



# Příčiny poruch

## Výrobní příčiny:

- Konstrukční chyby, nedokonalost materiálu
- Nevhodná technologie výroby, chyby při výrobě

## Oblast přepravy:

- Nedodržení přepravních podmínek
- Nedodržení skladovacích podmínek

## Oblast užívání:

- Nesprávné používání
- Nedodržení podmínek údržby
- Únava, stárnutí a opotřebení



# Náhodné poruchy

Náhodné, neopravované poruchy (zatím)

- poruchy vznikají náhodně v čase
- příčiny: stárnutí materiálů, interakce s jiným systémem, lidský faktor
- lze uvažovat i jinou "časovou"doménu:
  - CPU time (SW), CPU cykly (SW na  $\mu$ P)
  - počet běhů, počet cyklů, počet vykonaných operací (vhodné pro systémy s nespojitou činností)
  - počet otočení ozubených koleček
  - ujeté kilometry, zpracovaný objem, apod.

## Charakteristika poruch

- Intenzita poruch
- Hustota poruch
- Střední doba mezi poruchami

# Charakteristiky spolehlivosti

## Předpoklad:

- náhodné poruchy, které nastávají v náhodném čase  $\xi \geq 0$
- v čase  $t < 0$  je prvek vypnut a nemůže se porouchat
- čas je buď spojitý nebo diskrétní
- dvoustavové poruchy: systém je buď funkční, nebo porouchaný
- poruchy bez oprav

**Pravděpodobnost bezporuchového provozu  $R(t)$ :** je pravděpodobnost, že v čase  $t$  je systém funkční

$$R(t) = P(\xi > t).$$

**Pravděpodobnost poruchy  $Q(t)$ :** je pravděpodobnost, že porucha nastala před časem  $t$

$$Q(t) = P(\xi \leq t).$$

$Q(t)$  je distribuční funkce  
 $R(t)$  — z anlg. "reliability"

# Charakteristiky spolehlivosti

**Porucha a bezporuchový stav se vylučují:**

$$R(t) = 1 - Q(t).$$

**Hustota pravděpodobnosti poruch  $f(t)$ :**

$$f(t) = \frac{d}{dt}Q(t) = \frac{d}{dt}(1 - R(t)) = -\frac{d}{dt}R(t)$$

**Zaručená doba bezporuchového provozu  $T_\beta$ :** je takový čas, kdy pravděpodobnost bezporuchového provozu je rovna  $\beta$ , tedy

$$R(T_\beta) = \beta$$

# MTTF a MTBF

## MTTF — Mean Time To Failure

- střední doba do poruchy systému

## MTBF = $T_s$ — Mean Time Between Failures

- střední doba mezi poruchami pro systém s opravami

$$T_s = \int_0^{\infty} t f(t) dt \quad T_s = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

## MTTR – Mean Time To Repair

- střední doba opravy (pouze pro systém s opravami)

$$\text{MTBF} = \text{MTTF} + \text{MTTR}$$

**Systém bez oprav:** MTBF = MTTF.

**Součinitel pohotovosti  $K_p$  (jen u prvků s opravami):**

$$K_p = \frac{\text{MTTF}}{\text{MTTF} + \text{MTTR}}$$

# Pravděpodobnost poruchy

Pravděpodobnost, že dojde k poruše v intervalu  $\langle t_1, t_2 \rangle$

$$P(t_1 < \xi < t_2) = \int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = [Q(t)]_{t_1}^{t_2} = Q(t_2) - Q(t_1) =$$

$$1 - R(t_2) - (1 - R(t_1)) = R(t_1) - R(t_2)$$

Poznámka:

$$\int_{t_1}^{t_2} f(t) dt = \int_0^{t_2} f(t) dt - \int_0^{t_1} f(t) dt =$$

$$Q(t_2) - Q(t_1) = R(t_1) - R(t_2)$$

# Intenzita poruch

Pravděpodobnost poruchy v intervalu  $\langle t, t + \Delta t \rangle$  za předpokladu, že v čase  $t$  systém funguje:

$$P(t < \xi \leq t + \Delta t | \xi > t) = \frac{P(t < \xi \leq t + \Delta t)}{P(\xi > t)} = \frac{Q(t + \Delta t) - Q(t)}{R(t)}$$

**Intenzita poruch  $\lambda(t)$ :**

$$\begin{aligned}\lambda(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{P(t < \xi \leq t + \Delta t | \xi > t)}{\Delta t} = \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{Q(t + \Delta t) - Q(t)}{\Delta t} \frac{1}{R(t)} = \frac{dQ(t)}{dt} \frac{1}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}.\end{aligned}$$

- $\lambda(t)$  se může měnit v čase!, např. v důsledku stárnutí materiálu

# Interpretace spolehlivosti

- Jaká je pravděpodobnost, že se systém porouchá v časovém intervalu  $\langle t, t + \Delta t \rangle$ ?

$$\approx f(t)\Delta t$$

- Jaká je pravděpodobnost, že se systém porouchá v časovém intervalu  $\langle t, t + \Delta t \rangle$  za předpokladu, že v čase  $t$  systém ještě funguje?

$$\approx \lambda(t)\Delta t$$



# Interpretace spolehlivosti

Počet poruch v časovém intervalu  $\langle t, t + \Delta t \rangle$  je  $n(t)$ . Počet funkčních prvků je  $m(t)$ , pak

$$\lambda(t) \approx \frac{n(t)}{m(t)\Delta t}.$$

Intenzita poruch je rovna střední hodnotě počtu poruch v jednotkovém intervalu.

# Charakteristiky spolehlivosti

## Vlastnosti $R(t)$

- $0 \leq R(t) \leq 1$
- $R(0) = 1$  (přístroj funguje v době zapnutí)
- $R(\infty) = 0$  (přístroj se určitě porouchá)
- Pravděpodobnost  $R(t)$  klesá s časem

## Pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$ jako funkce $\lambda(t)$ :

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau}$$

- Z průběhu intenzity poruch můžeme odvodit  $R(t)$
- Z  $R(t)$  lze vypočítat  $f(t)$
- Z  $R(t)$  lze vypočítat  $Q(t)$
- ... tedy všechny potřebné údaje

Bude odvozeno na cvičení.

# Příklady MTBF

<b>Zařízení</b>	<b>MTBF</b>	
	<b>Hodiny</b>	<b>Roky</b>
HDD	1 000 000	160
PC zdroj	100 000	11
Jehličková tiskárna	20 000	2
Tenký klient PC (bez disku)	170 000	19
LED (v dopravě)	100 000	11
TV	45 000	5
DVD přehrávač	40 000	4
Standardní PC	30 000	3
NAND gate	148 000 000	16 894

# Jak získat parametry spolehlivosti

## Hlavním parametrem je intenzita poruch $\lambda(t)$ nebo MTBF

- Historická data
  - Databáze udržovaná výrobcem
  - Parametry nových prvků mohou být odhadnuty z parametrů podobných zařízení
- Veřejné/komeční databáze
  - např. Reliability Prediction of Electronic Equipment (MIL-HDBK-217F)
  - Intenzity poruch pro elektronické součástky
  - Parametry pro různé provozní podmínky (např. teploty)
- Testování na reálných systémech nebo prototypch

Příloha

# Jak získat parametry spolehlivosti

## Testování

- Sledují se poruchy jednotlivých komponent (pokud je to možné)
- Výsledkem měření jsou tabulky intenzit nebo časů poruch
- Některé systémy takto nelze testovat
  - vysoká MTBF — muselo by se měřit dlouho
  - zastarávání výrobku (během testů se přestane používat)
  - Některé poruchy nechceme naměřit (výbuch reaktoru)
- Ekonomické náklady

## Zrychlené testy (Accelerated Life Testing)

- Výrobek je vystaven zvýšené zátěži, očekává se že MTBF klesne na akceptovatelnou mez
- Zvýšená zátěž zvyšuje intenzitu poruch
- Např. vyšší/nížší teplota, tlak, napětí, zátěž, vibrace, vlhkost, prach
- Výsledky testů jsou upraveny dle tabulek

## VIDEO

V obou případech se naměřená data zpracovávají statisticky.

# Testování výrobků

## MTBF data

- Tabulka obsahuje časy  $t_i$ , kdy nastaly poruchy
- Převod na tabulku intenzit: určit intervaly a spočítat poruchy, které se projeví v daném intervalu
- Aproximace  $t_i$  vhodným rozdělením (např. metoda max. věrohodnosti)

Záznam	čas
1	$t_1$
2	$t_2$
:	
n	$t_n$

## Intenzity poruch

- Tabulka obsahující počet poruch v daném intervalu
- Lze vynést do grafu a proložit křivkou

Záznam	Délka inter- valu [hod]	Počet poruch
1	4	5
2	4	6
3	8	10
:		

Poznámka: uvažujeme časovou doménu, ale obdobně lze i pro jiné

# Zrychlené testování — nepovinné

Příklad: měříme

$$\lambda = \frac{r}{T a_f}$$

- $T$  je doba zrychleného testu
- $r$  je počet pozorovaných poruch
- $a_f$  je faktor zrychlení testu, např. pro test se zvýšenou teplotou:

$$a_f = e^{\frac{E_a}{k} \left( \frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t} \right)}$$

- $E_a$  exp. hodnota svázaná s typem poruchy a obtížností jejího vyvolání. Např. 0.7 eV
- $k$  je Boltzmannova konstanta
- $T_u$  provozní teplota [K]
- $T_t$  teplota během testu [K]

# Zrychlené testování I

$s_0, s_1, \dots, s_n$  jsou úrovně zátěže (např. teplota), takové, že  $s_i > s_{i-1}$  a  $s_0$  odpovídá provozním podmínkám.

Máme k dispozici velké množství  $n$  zařízení na testování.

Postup:

- 1 Jedna úroveň testování  $s_i$  je vybrána náhodně a  $n_i$  prvků je vybráno náhodně pro testování na této úrovni. Test je ukončen poté, co je zaznamenáno  $r_i \leq n_i$  poruch. Výsledkem jsou měření časů poruch  $T_{i1}, T_{i2}, \dots, T_{ir_i}$
- 2 Další úroveň  $s_j$  je vybrána náhodně ze zbývajících (netestovaných) úrovní  $n_j$  prvků je vybráno náhodně k testování (ze zbývajících prvků) Test je ukončen po  $r_j \leq n_j$  poruchách. Výsledkem je měření  $T_{j1}, T_{j2}, \dots, T_{jr_j}$ .

Bod 2 je opakován tak dlouho, dokud nejsou otestovány všechny úrovně  $k$ .

- Na každé úrovni testujeme jiné prvky (vypovídající data)
- Na každé úrovni máme zaručen počet  $r_j$  poruch (lze dopředu zvolit)



## Zrychlené testování II

Před testem zvolíme časy  $t_1, t_2, \dots, t_k$ ,  $k$  je počet zátěžových úrovní.

- 1 Vybereme  $m$  náhodných prvků z  $n$  dostupných
  - 2 V časovém úseku  $(0, t_1]$  jsou testovány při zátěži  $s_0$
  - 3 Prvky, které fungují v čase  $t_1$  jsou ponechány v testu
  - 4 V časovém úseku  $(t_1, t_2]$  jsou prvky testovány při zátěži  $s_1$
  - 5 atd..
  - 6 výsledkem je vektor časů poruch  $T_1, T_2, \dots, T_n$
- Vyžaduje méně testovacích prvků než metoda I
  - Není zaručeno, že budeme pozorovat chyby na  $k$ -te úrovni
  - Výrobky jsou namáhány více (na všech předchozích úrovních) — může ovlivnit jejich poruchovost

# Exponenciální rozdělení

## Vlastnosti a použití

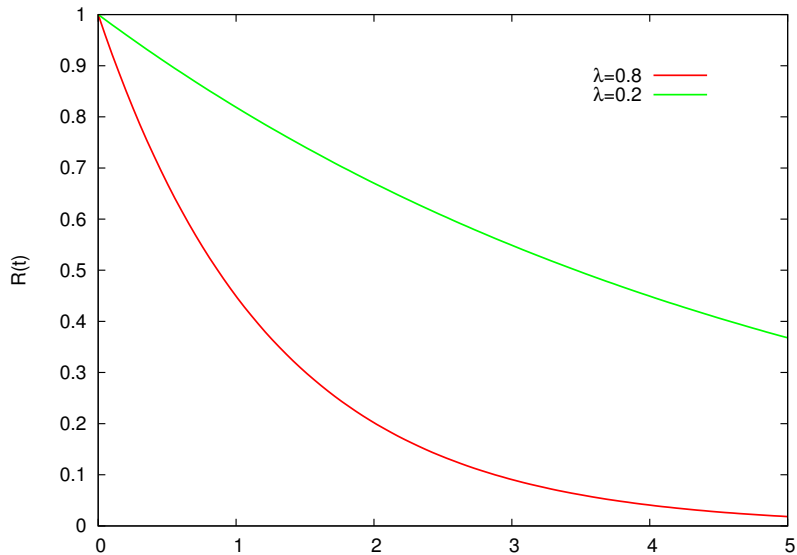
- $\lambda(t) = \lambda_0$  je konstantní
- Modelování poruchovosti v běžném provozu
- Jednoduché odvození  $\lambda_0$  z dat, jednoduché i další výpočty

**Příklad:** Určete  $R(t)$  pro exponenciální rozdělení s intenzitou poruch  $\lambda_0$ .

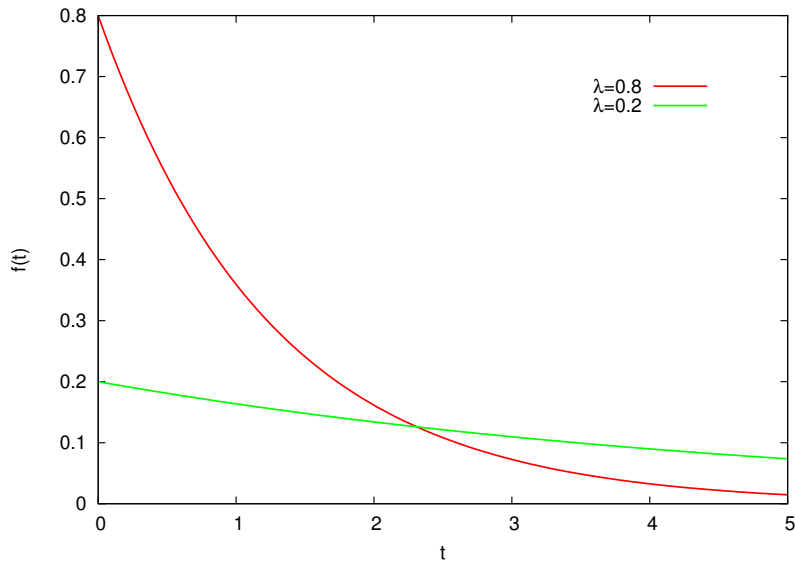
$$\begin{aligned}R(t) &= e^{-\int_0^t \lambda(\tau) d\tau} \\&= e^{-\int_0^t \lambda_0 d\tau} \\&= e^{-[\lambda_0 \tau]_0^t} \\&= e^{-(\lambda_0 \cdot t - \lambda_0 \cdot 0)} \\&= e^{-\lambda_0 t}\end{aligned}$$

Pravděpodobnost bezporuchového provozu pro poruchy, jejichž výskyt je popsán exponenciálním rozdělením je  $R(t) = e^{-\lambda_0 t}$ .

# Exponenciální rozdělení



# Exponenciální rozdělení



## Memoryless property

Jaká je pravděpodobnost, že přístroj bude fungovat v čase  $t + x$  za předpokladu, že funguje v čase  $t$ ?

$$\begin{aligned} P(\xi > t + x | \xi > t) &= \frac{P(\xi > t + x)}{P(\xi > t)} = \frac{R(t + x)}{R(t)} = \frac{e^{-\lambda(t+x)}}{e^{-\lambda t}} \\ &= e^{-\lambda x} = P(\xi > x) = R(x). \end{aligned}$$

# Určení $\lambda_0$ z dat

Jak určit parametr  $\lambda_0$  pro daný prvek?

- Test s  $n$  výrobky
- Naměříme časy poruch  $t_1, \dots, t_n$
- Odhad  $\lambda_0$  je

$$\lambda_0 = \frac{n}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

Pozn: odvodíme na cvičení

# Exponenciální rozdělení

**Příklad:** Jaká je pravděpodobnost, že prvek, jehož poruchy podléhají exponenciálnímu rozdělení s parametrem  $\lambda_0 = 0.001$ , bude fungovat v čase  $t = 10$ ?

Pravděpodobnost bezporuchového provozu pro exp. rozdělení je

$$R(t) = e^{-\lambda_0 t}.$$

Po dosazení

$$R(10) = e^{-10 \cdot 0.001} = e^{-0.01} = 0.99.$$

Pravděpodobnost bezporuchového provozu je 99 %.

# Exponenciální rozdělení

## Příklady:

- Určete střední dobu bezporuchového provozu  $T_s$  pro exponenciální rozdělení.
- Kolik % výrobků se porouchá během této doby?
- Odvoďte hodnotu mediánu pro exponenciální rozdělení.



# Alternativní charakteristiky

## AFR (Annualized failure rate)

- Pravděpodobnost poruchy v 1 roce
- Předpokládá exponenciální rozdělení poruch
- Používá se zejména u HDD

$$AFR(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - e^{-\frac{t}{T_s}}$$

## FIT (Failures in Time)

- počet poruch za dobu  $10^9$  hodin.
- předpokládá exponenciální rozdělení
- používá se např. pro polovodičové součástky

/

# Motivační příklad — HDD

Prodejce nabízí HDD s MBTF=1.4 milion hodin (cca 160 let).

- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu?
- Jaká je pravděpodobnost, že se vám HDD porouchá během této přednášky?
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?

# Motivační příklad — HDD

Prodejce nabízí HDD s MBTF=1.4 milion hodin (cca 160 let).

- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu?
- Jaká je pravděpodobnost, že se vám HDD porouchá během této přenášky?
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?
  
- MTBF je střední doba mezi poruchami.
- Tato doba neznamena, že vám HDD vydrží 160 let.
- Uvažujme exponenciální rozdělení poruch, pak
- $\lambda_0 = 1.4 \cdot 10^{-6}$

# Motivační příklad — HDD

Prodejce nabízí HDD s MBTF=1.4 milion hodin (cca 160 let).

- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu?
- Jaká je pravděpodobnost, že se vám HDD porouchá během této přenášky?
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?

Jaká je pravděpodobnost, že HDD vydrží fungovat bez poruchy po dobu  $T_s$ ?

Uvažujme exponenciální rozdělení poruch s  $\lambda_0 = 1/T_s$ . Pak

$$R(T_s) = e^{-\lambda_0 T_s} = e^{(-1/T_s) \cdot T_s} = e^{-1} = 0.367.$$

Pravděpodobnost, že HDD vydrží fungovat po celou dobu MTBF je 36.7 %.

# Motivační příklad — HDD

Prodejce nabízí HDD s MBTF=1.4 milion hodin (cca 160 let).

- Co je MTBF?
- **Vydrží vám disk celé studium na FELu?**
- Jaká je pravděpodobnost, že se vám HDD porouchá během této přednášky?
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?

Obdobně. Hledáme  $R(5let) = R(43800hodin)$ .

Řešení:  $R(5let) = 0.9405$ . Disk se tedy během studia na FELu porouchá s pravděpodobností 5.9 %.

## Motivační příklad — HDD

Prodejce nabízí HDD s MBTF=1.4 milion hodin (cca 160 let).

- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu?
- **Jaká je pravděpodobnost, že se vám HDD porouchá během této přednášky?**
- Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?

# Motivační příklad — HDD

Prodejce nabízí HDD s MBTF=1.4 milion hodin (cca 160 let).

- Co je MTBF?
- Vydrží vám disk celé studium na FELu?
- Jaká je pravděpodobnost, že se vám HDD porouchá během této přednášky?
- **Má smysl zálohovat data na tento disk? Pokud ano, tak jak na to?**

Viz další přednášky.