

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

PROJEKT Č. 1

Konstrukce empirického modelu

Vypracoval: Jan HLÍDEK

V rámci předmětu: Šíření vln a kmitočtové plánování (X17SIR)

Měřeno: 13. 3. 2008

Cvičení: čtvrtek od 9:15 do 10:45

1. CÍL ÚLOHY

Hlavním cílem je seznámit se, jak zpracovávat data statisticky a jak z naměřených hodnot vytvořit empirický model. Na základě měření šíření elektromagnetických vln jsou jednotlivé úkoly ze zadání postupně zpracovávány a názorně zobrazovány např. pomocí grafů. Práce je zpracovávána v Matlabu.

Parametry měřicího systému:

frekvence 2 GHz

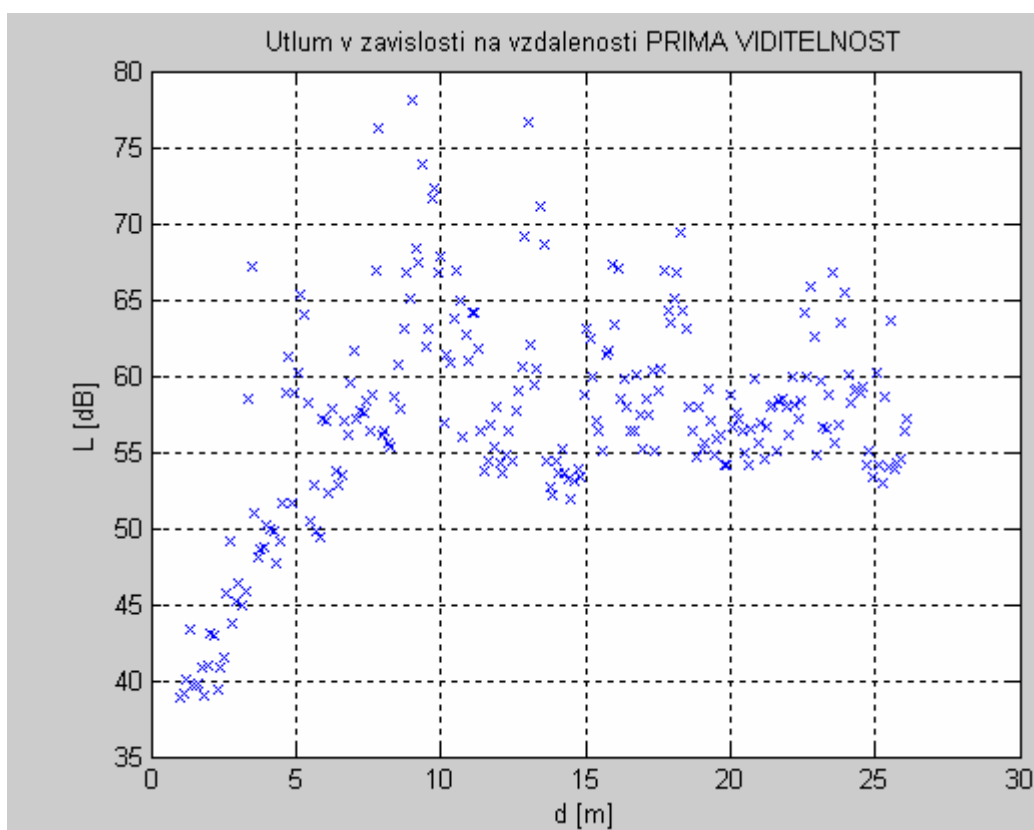
vysílaný výkon: $P_v = 25$ dBm

zisky antén: $G_v = 5$ dBi, $G_p = 3$ dBi

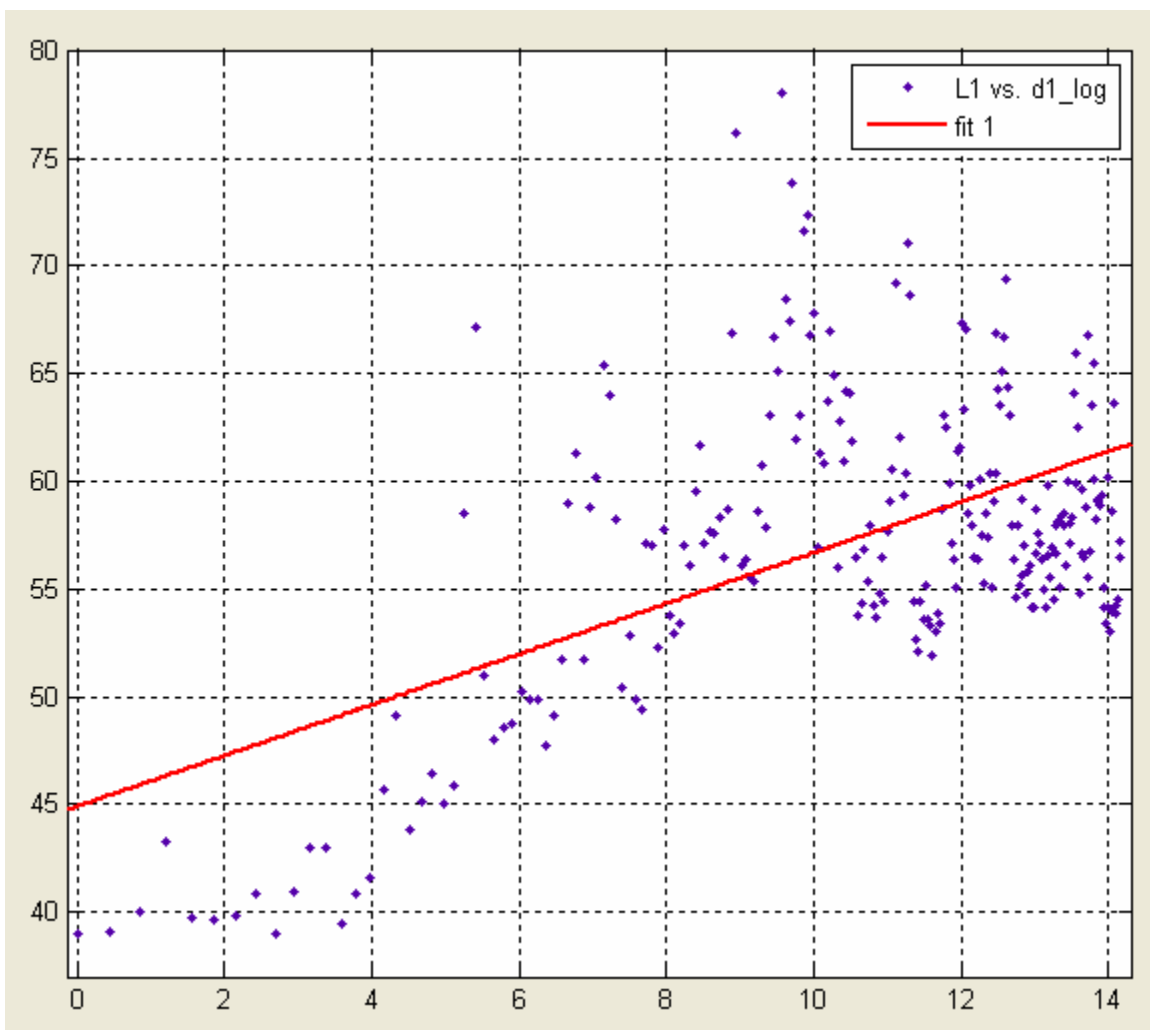
útlumy přívodních kabelů zanedbejte

2. ZMĚŘENÉ VÝSTUPY

a) Parametry empirického modelu pro šíření na přímou viditelnost



Obr. 1 Naměřená závislost útlumu na vzdálenosti



Obr. 2 Vytvoření empirického modelu pomocí cftool

Parametry tohoto modelu jsou následující:

$$L = L_0 + n \cdot \log\left(\frac{d}{d_0}\right),$$

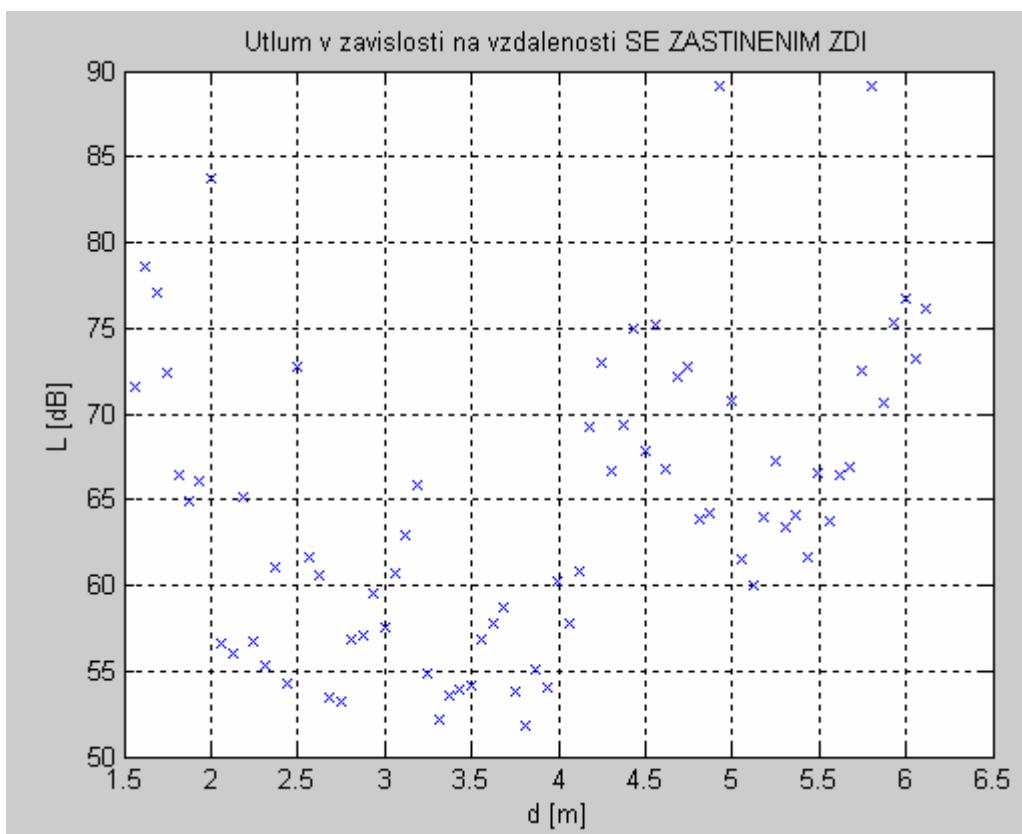
kde L_0 je útlum pro vzdálenost $d_0 = 1\text{m}$. L_0 lze zjistit buď z modelu, což je jak vidíme z grafu dosti nepřesné, anebo spočteme dle vzorce. V Matlabu jsme tedy vypočítali tyto parametry modelu:

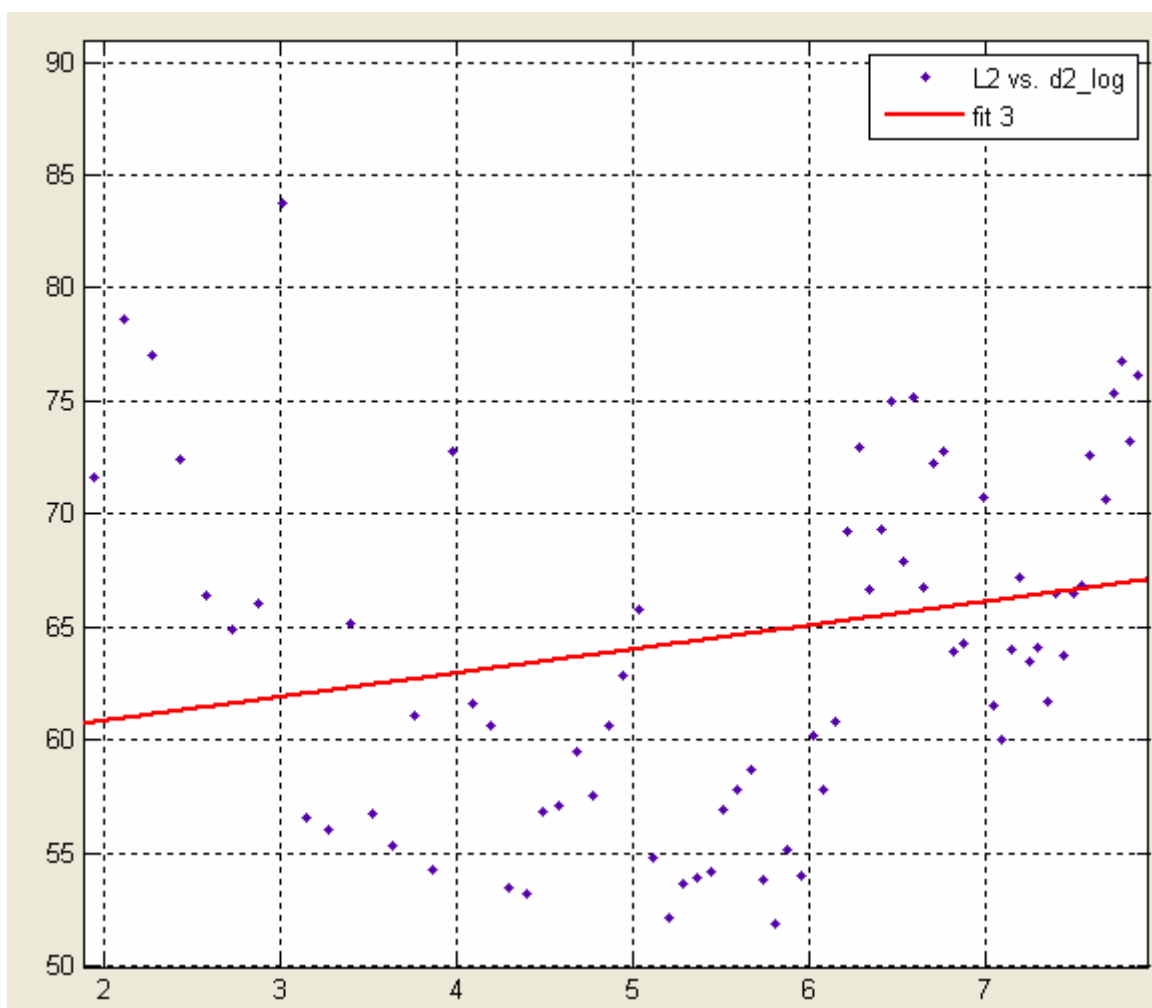
$$L_0 = 38,5 \text{ dB}$$

$$n = 1,176$$

$$\text{RMSE} = 5,935$$

b) Parametry empirického modelu pro zastíněný spoj

**Obr. 3** Naměřená závislost útlumu na vzdálenosti



Obr. 4 Vytvoření empirického modelu pomocí cftool

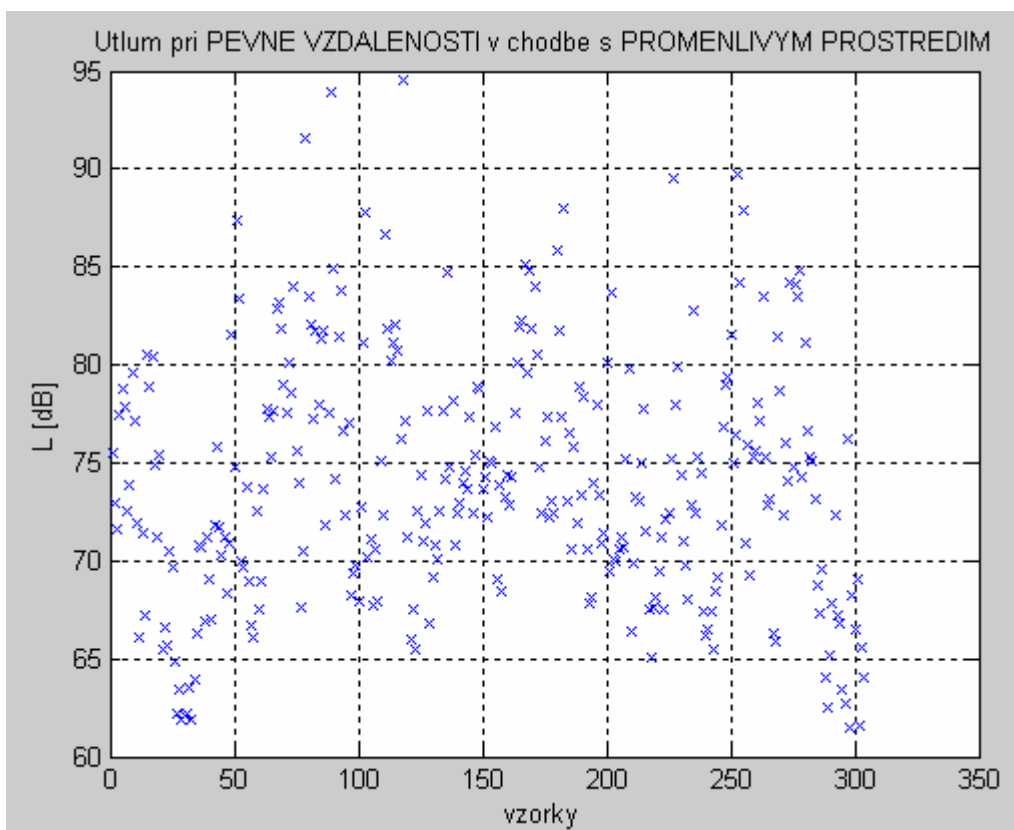
L_0 by mělo zůstat stejné, jako v předchozí úloze, dochází zde ale ke značnému rozptylu hodnot, a tak v krajním bodě není tato aproximace dost přesná. Pravděpodobně k tomu došlo, protože jsme došli za zdí dále než 1m před vysílač, což ale grafy nezohledňují atd.

Empirický model:

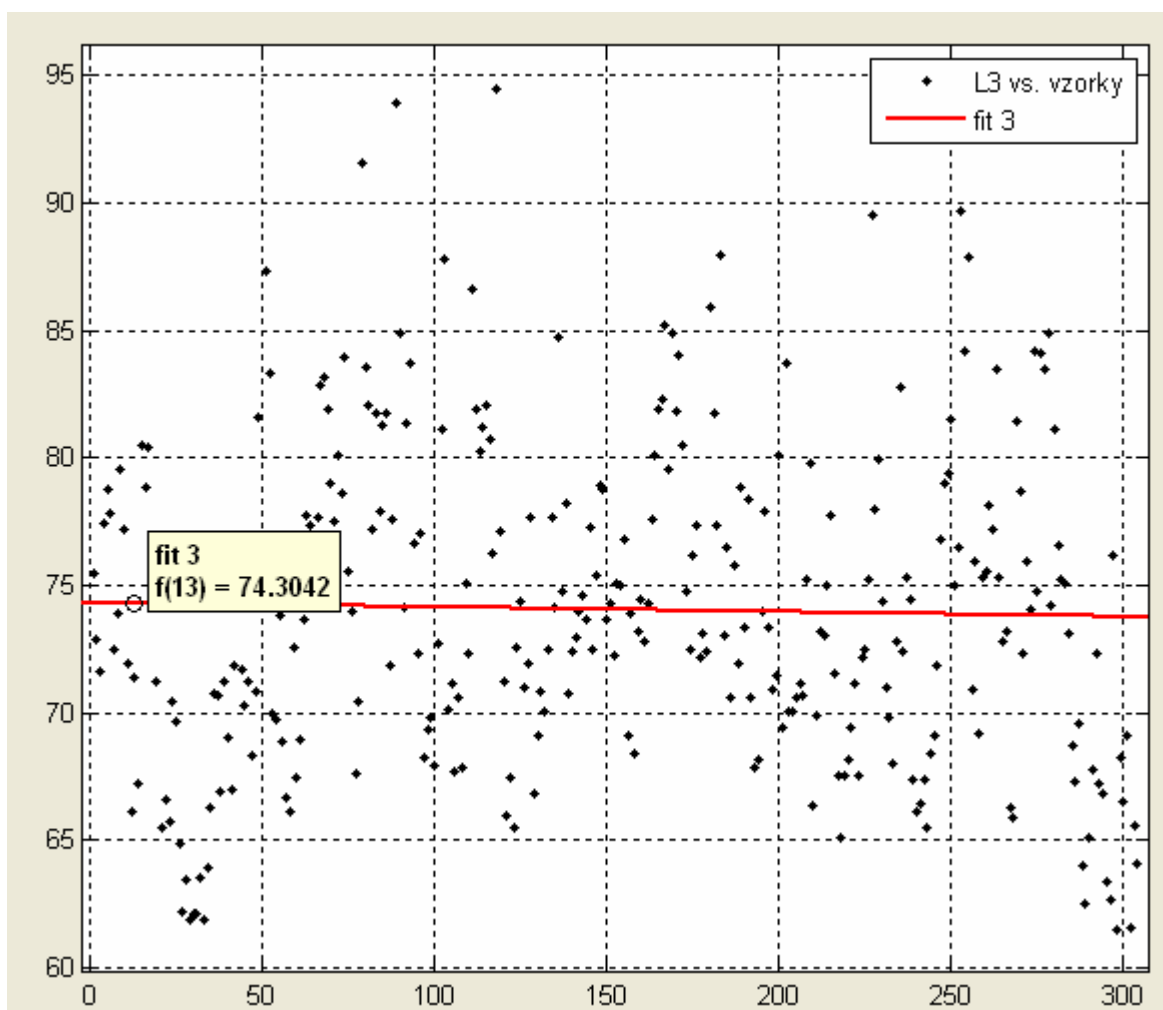
$$n = 1,054$$

$$\text{RMSE} = 8,513$$

c) Statistický popis pro časově proměnlivé prostředí



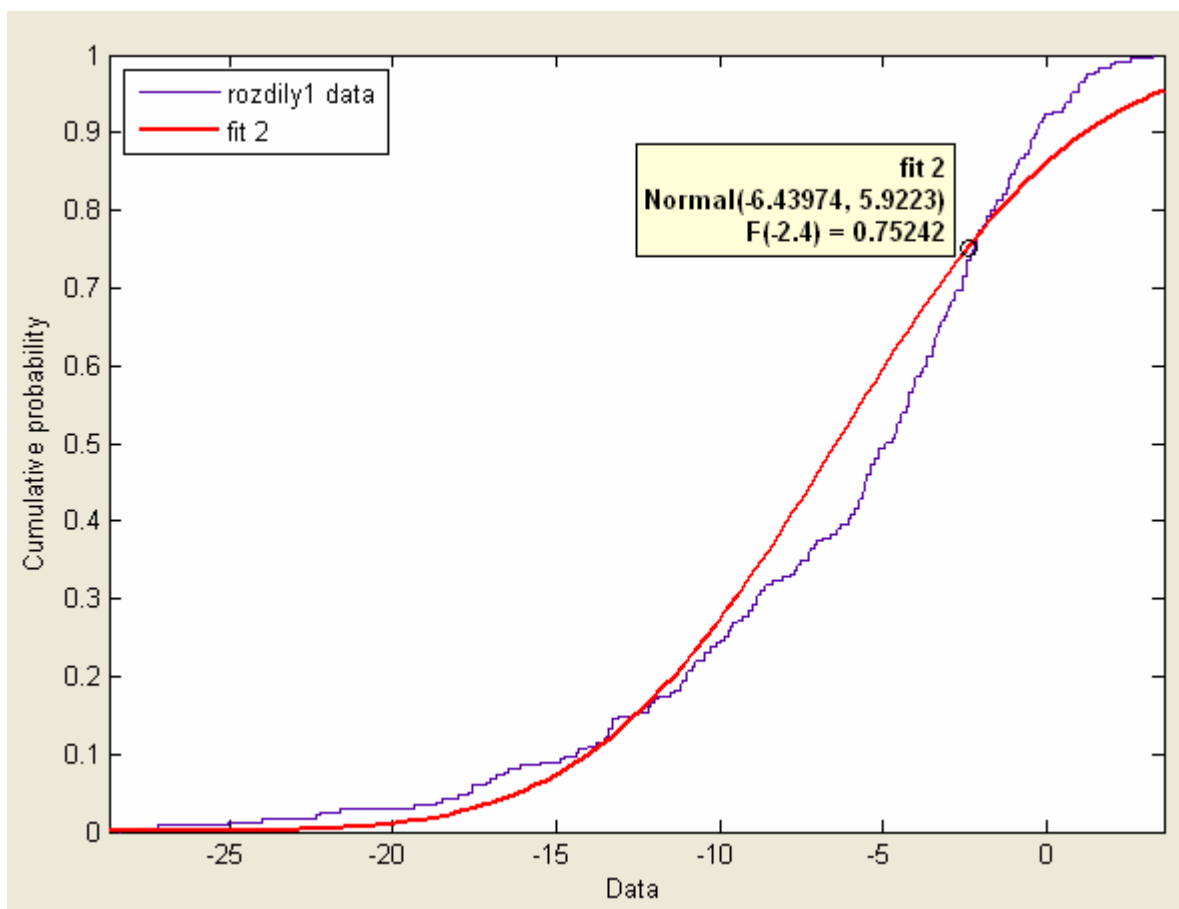
Obr. 5 Náhodný pohyb lidí v chodbě při pevné vzdálenosti mezi vysílačem a přijímačem



Obr. 6 Empirický model pro chodbu s proměnlivým prostředím

Na grafu tohoto modelu je střední hodnota znázorněna v rámečku. Použití funkce `mean()` dává výsledek 74,05 dB.

d) Minimální přijímaná úroveň ve vzdálenosti 66 metrů s pravděpodobností 75%



Obr. 7 Distribuční funkce pro rozdíly mezi hodnotami a modelem

Aproximace byla provedena tzv. Normálním rozdělením. Ve vzdálenosti $d = 66\text{m}$ je minimální přijímaná úroveň pro $\chi_{\text{pro}99,9\%} = 2,4\text{dB}$:

$$L(d) = L_0 + 10 \cdot n \cdot \log(d) + \chi$$

$$L(66) = 38,4624 + 10 \cdot 1,176 \cdot \log(66) + 2,4 = 59,86 + 2,4 = 62,26\text{dB}$$

$$P_p = P_v + G_v + G_p - L$$

$$P_p = 25 + 5 + 3 - 62,26 = -29,3\text{dBm}$$

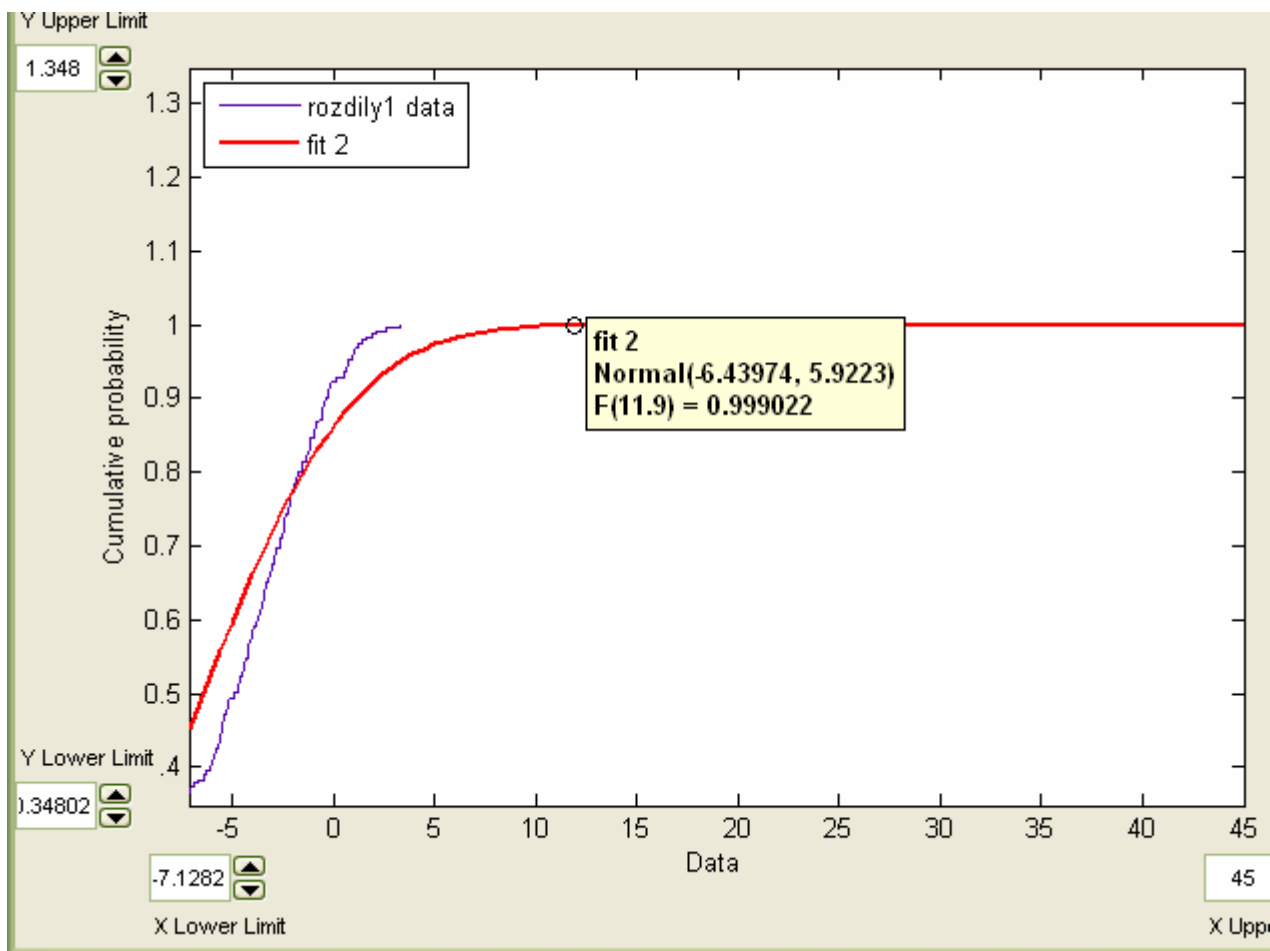
e) Rezerva na únik u systému s šumovým číslem $F = 8 \text{ dB}$, $B = 50 \text{ kHz}$, $S/N = 20 \text{ dB}$ ve vzdálenosti 2000 m s pravděpodobností $99,9 \%$. $T_0 = 300 \text{ K}$, $T_a = 280 \text{ K}$

Z předchozího bodu víme, že:

střední hodnota : $\mu = -6,43974$

rozptyl : $\sigma^2 = 5,9223$

Hodnoty pro $99,9 \%$ získáme protažením os, kdy Matlab dopočítal hodnotu aproximované distribuční funkce.



Obr. 8 Detail distribuční funkce pro $99,9\%$ pravděpodobnost

Jak přesně byl výpočet proveden lze nalézt níže ve zdrojovém kódu Matlabu, v části E). Postup lze slovně popsat následujícím způsobem. Nejdříve jsme si na základě vzorečků a vhodné práce s jednotkami (převod N na mW a následně na dBm , dosazení F „oddecibelovaného“ apod.) zjistili šumovou hladinu N :

$N = -118,2 \text{ dBm}$.

Výpočet pro danou vzdálenost i s rezervou $\chi_{pro99,9\%} = 11,9 \text{ dB}$ provedeme takto:

$$L(d) = L_0 + 10 \cdot n \cdot \log(d) + \chi$$

$$L(2000) = 38,4624 + 10 \cdot 1,176 \cdot \log(2000) + 11,9 = 77,28 + 11,9 = 89,18 \text{ dB}$$

$$P_p = P_v + G_v + G_p - L$$

$$P_p = 25 + 5 + 3 - 89,18 = -56,2 \text{ dBm}$$

Úrovně tedy mají následující hodnoty:

$$|N - P_p| = \frac{S}{N} + \text{rezerva na únik}$$

$$\text{rezerva na únik} = |N - P_p| - \frac{S}{N}$$

$$\text{rezerva na únik} = |-118,2 - (-56,2)| - 20 = \boxed{42 \text{ dB}}$$

Rezerva na únik je tedy poměrně dostatečná, tedy 42 dB. Výše uvedený výpočet je samozřejmě pouze orientační, protože daný model vychází z relativně malého počtu hodnot atd.

3. ZDROJOVÝ KÓD MATLABU

Contents

- [Zdrojovy kod programu](#)
- [CHODBA, PRIBLIZOVANI, PRIMA VIDITELNOST](#)
- [VYSILANO Z MISTNOSTI SKRZ ZED DO CHODBY](#)
- [PEVNA VZDALENOST V CHODBE, NAHODNY POHYB OSOB](#)

Zdrojovy kod programu

```
close all
% clear all
```

CHODBA, PRIBLIZOVANI, PRIMA VIDITELNOST

```
chodba = load('chodba.dat');
chodba = sortrows(chodba,-1); % prehozeni, abych nemel na zacat
Pp1 = chodba(:,3);
% Nyni je treba tretí sloupec dat do promenne Pp1
Pv = 25;
Gv = 5;
Gp = 3;
d0 = 1;

L1 = Pv + Gv + Gp - Pp1;

pocet1 = length(L1) -1;
celkova_d1 = ((42*60+90)/100);
dilek_d1 = (celkova_d1-1) / pocet1;
d1 = (d0 : dilek_d1 : celkova_d1)';
d1_log = 10*log10(d1);

figure;
plot(d1, L1, 'x');
grid on
title('Utlum v zavislosti na vzdalenosti PRIMA VIDITELNOST' );
xlabel('d [m]');
ylabel('L [dB]');

% polytool( d1_log, L1, 1 )
% cftool

L10 = 20*log10((4*pi*d0)/((3*10^8)/(2*10^9)))

% dfittool
%%% pouziti empirickeho modelu:
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% D) Minimalni prijimana uroven ve vzdal 66m s pst. 75%
% rozdilovy vektor
rozdily1 = L10 + 1.176.*d1_log - L1;
```

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
% E) Rezerva na unik...
k = 1.38*10^(-23);
B = 50000;    % sirka pasma v Hz ???
T0 = 300;    % K
Tant = 280;
Fdb = 8;
F = 10^(Fdb/10);
Te = (F-1)*T0;
Ttot = T0 + Te;
T = (1 + (Ttot/T0))*T0

N = k*T*B;    % [W]
Nm = 1000*N;
Nm_log = 10*log10(Nm) % Hodnota sumove hladiny

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
```

L10 =

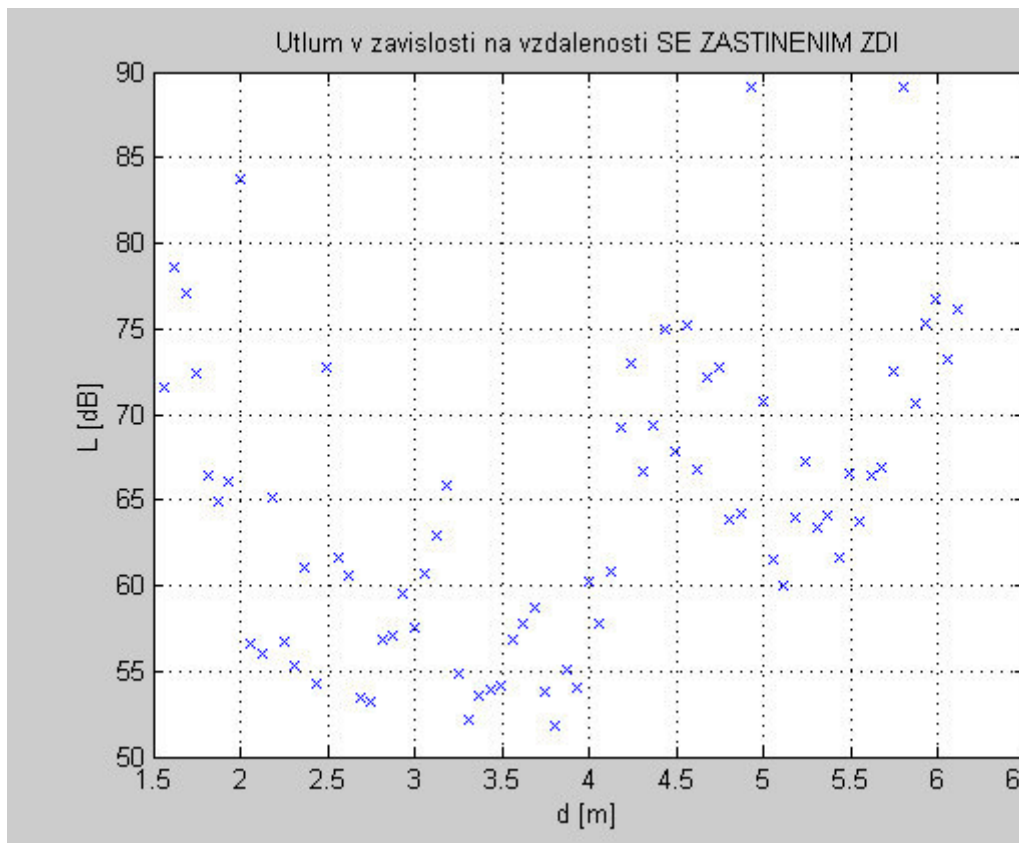
38.4624

T =

2.1929e+003

Nm_log =

-118.2014



PEVNA VZDALENOST V CHODBE, NAHODNY POHYB OSOB

```

chodba = load('chodba_s_ruseni.dat');
chodba = sortrows(chodba,-1); % prehozeni, abych nemel na zacatku
Pp3 = chodba(:,3);

L3 = Pv + Gv + Gp - Pp3;
stredni_hodnota3 = mean(L3)
vzorky = 1:1:length(L3);
figure;
plot(vzorky,L3, 'x');
grid on
title('Utlum pri PEVNE VZDALENOSTI v chodbe s PROMENLIVYM PROSTR');
xlabel('vzorky');
ylabel('L [dB]');

```

stredni_hodnota3 =

74.0455

Utlum pri PEVNE VZDALENOSTI v chodbe s PROMENLIVYM PROSTREDIEM

