



تجزیه و تحلیل لغو فعال بر اساس احتمال تشخیص رادار

مینگسو پی، لیفنگ وانگ، چون هوانگ

دانشکده علوم و فناوری، هوانوردی، دانشگاه بی هانگ، یکن، 100191 چین

خلاصه	مقاله اطلاعات
<p>این مقاله، یک سیستم لغو برای سیگنال های خطی و سه سیگنال مدوله شده فرکانس غیرخطی پیشنهاد شده است. نتایج به مشخصه RCS (مقطع رادار) هدف، مدولاسیون دامنه و فاز برای به دست آوردن سیگنال با فرکانس یکسان با پالس اکو اما با فاز مخالف ساخته می شود.</p> <p>این سیگنال سیگنال اکو رادار را لغو می کند. تئوری اساسی پنهان کاری لغو فعال معرفی شده است.</p> <p>بر اساس دو نوع مدل نوسانات هدف رادار (Swerling I و (Swerling III فرمولهای احتمال تشخیص رادار ارائه شده است. تاثیر خطای دامنه، فاز و فرکانس بر احتمال تشخیص رادار مورد بحث قرار گرفته است. نتایج شبیه سازی نشان می دهد که فناوری پنهان کاری لغو فعال در تئوری امکان پذیر است، می تواند احتمال تشخیص رادار را کاهش دهد.</p> <p>© نویسندگان. منتشر شده توسط Elsevier Masson SAS. این یک مقاله با دسترسی آزاد تحت مجوز http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/ است.</p>	<p>تاریخچه مقاله:</p> <p>دریافت شده در 30 مه 2014</p> <p>دریافت به صورت اصلاح شده در 14 دسامبر 2014</p> <p>پذیرش در 22 ژوئیه 2015</p> <p>در دسترس آنلاین 30 جولای 2015</p> <p>کلید واژه ها:</p> <p>مخفی کاری فعال</p> <p>لغو فعال</p> <p>مدولاسیون فرکانس خطی (LFM)</p> <p>مدولاسیون فرکانس غیرخطی (NLFM)</p> <p>احتمال تشخیص</p> <p>نسبت سیگنال به نویز (SNR)</p>

1. معرفی

برای تغییرات معمول در مقطع رادار هدف حساب کنید.

او چهار مدل مختلف را پیشنهاد کرد که با استفاده از توزیع گامای، پارامتری، شده ترکیب و تعمیم یافته اند.

تکلیف کار، مکانیک سیستم، لغو برای همه EM، اما به طریقی که در EM از آنجا می‌روند (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16) (17) (18) (19) (20) (21) (22) (23) (24) (25) (26) (27) (28) (29) (30) (31) (32) (33) (34) (35) (36) (37) (38) (39) (40) (41) (42) (43) (44) (45) (46) (47) (48) (49) (50) (51) (52) (53) (54) (55) (56) (57) (58) (59) (60) (61) (62) (63) (64) (65) (66) (67) (68) (69) (70) (71) (72) (73) (74) (75) (76) (77) (78) (79) (80) (81) (82) (83) (84) (85) (86) (87) (88) (89) (90) (91) (92) (93) (94) (95) (96) (97) (98) (99) (100) (101) (102) (103) (104) (105) (106) (107) (108) (109) (110) (111) (112) (113) (114) (115) (116) (117) (118) (119) (120) (121) (122) (123) (124) (125) (126) (127) (128) (129) (130) (131) (132) (133) (134) (135) (136) (137) (138) (139) (140) (141) (142) (143) (144) (145) (146) (147) (148) (149) (150) (151) (152) (153) (154) (155) (156) (157) (158) (159) (160) (161) (162) (163) (164) (165) (166) (167) (168) (169) (170) (171) (172) (173) (174) (175) (176) (177) (178) (179) (180) (181) (182) (183) (184) (185) (186) (187) (188) (189) (190) (191) (192) (193) (194) (195) (196) (197) (198) (199) (200) (201) (202) (203) (204) (205) (206) (207) (208) (209) (210) (211) (212) (213) (214) (215) (216) (217) (218) (219) (220) (221) (222) (223) (224) (225) (226) (227) (228) (229) (230) (231) (232) (233) (234) (235) (236) (237) (238) (239) (240) (241) (242) (243) (244) (245) (246) (247) (248) (249) (250) (251) (252) (253) (254) (255) (256) (257) (258) (259) (260) (261) (262) (263) (264) (265) (266) (267) (268) (269) (270) (271) (272) (273) (274) (275) (276) (277) (278) (279) (280) (281) (282) (283) (284) (285) (286) (287) (288) (289) (290) (291) (292) (293) (294) (295) (296) (297) (298) (299) (300) (301) (302) (303) (304) (305) (306) (307) (308) (309) (310) (311) (312) (313) (314) (315) (316) (317) (318) (319) (320) (321) (322) (323) (324) (325) (326) (327) (328) (329) (330) (331) (332) (333) (334) (335) (336) (337) (338) (339) (340) (341) (342) (343) (344) (345) (346) (347) (348) (349) (350) (351) (352) (353) (354) (355) (356) (357) (358) (359) (360) (361) (362) (363) (364) (365) (366) (367) (368) (369) (370) (371) (372) (373) (374) (375) (376) (377) (378) (379) (380) (381) (382) (383) (384) (385) (386) (387) (388) (389) (390) (391) (392) (393) (394) (395) (396) (397) (398) (399) (400) (401) (402) (403) (404) (405) (406) (407) (408) (409) (410) (411) (412) (413) (414) (415) (416) (417) (418) (419) (420) (421) (422) (423) (424) (425) (426) (427) (428) (429) (430) (431) (432) (433) (434) (435) (436) (437) (438) (439) (440) (441) (442) (443) (444) (445) (446) (447) (448) (449) (450) (451) (452) (453) (454) (455) (456) (457) (458) (459) (460) (461) (462) (463) (464) (465) (466) (467) (468) (469) (470) (471) (472) (473) (474) (475) (476) (477) (478) (479) (480) (481) (482) (483) (484) (485) (486) (487) (488) (489) (490) (491) (492) (493) (494) (495) (496) (497) (498) (499) (500) (501) (502) (503) (504) (505) (506) (507) (508) (509) (510) (511) (512) (513) (514) (515) (516) (517) (518) (519) (520) (521) (522) (523) (524) (525) (526) (527) (528) (529) (530) (531) (532) (533) (534) (535) (536) (537) (538) (539) (540) (541) (542) (543) (544) (545) (546) (547) (548) (549) (550) (551) (552) (553) (554) (555) (556) (557) (558) (559) (560) (561) (562) (563) (564) (565) (566) (567) (568) (569) (570) (571) (572) (573) (574) (575) (576) (577) (578) (579) (580) (581) (582) (583) (584) (585) (586) (587) (588) (589) (590) (591) (592) (593) (594) (595) (596) (597) (598) (599) (600) (601) (602) (603) (604) (605) (606) (607) (608) (609) (610) (611) (612) (613) (614) (615) (616) (617) (618) (619) (620) (621) (622) (623) (624) (625) (626) (627) (628) (629) (630) (631) (632) (633) (634) (635) (636) (637) (638) (639) (640) (641) (642) (643) (644) (645) (646) (647) (648) (649) (650) (651) (652) (653) (654) (655) (656) (657) (658) (659) (660) (661) (662) (663) (664) (665) (666) (667) (668) (669) (670) (671) (672) (673) (674) (675) (676) (677) (678) (679) (680) (681) (682) (683) (684) (685) (686) (687) (688) (689) (690) (691) (692) (693) (694) (695) (696) (697) (698) (699) (700) (701) (702) (703) (704) (705) (706) (707) (708) (709) (710) (711) (712) (713) (714) (715) (716) (717) (718) (719) (720) (721) (722) (723) (724) (725) (726) (727) (728) (729) (730) (731) (732) (733) (734) (735) (736) (737) (738) (739) (740) (741) (742) (743) (744) (745) (746) (747) (748) (749) (750) (751) (752) (753) (754) (755) (756) (757) (758) (759) (760) (761) (762) (763) (764) (765) (766) (767) (768) (769) (770) (771) (772) (773) (774) (775) (776) (777) (778) (779) (780) (781) (782) (783) (784) (785) (786) (787) (788) (789) (790) (791) (792) (793) (794) (795) (796) (797) (798) (799) (800) (801) (802) (803) (804) (805) (806) (807) (808) (809) (810) (811) (812) (813) (814) (815) (816) (817) (818) (819) (820) (821) (822) (823) (824) (825) (826) (827) (828) (829) (830) (831) (832) (833) (834) (835

LFM و NLFM [19] Tangent-FM به ای. ([20]) ما همچنین در مورد تأثیر خطای دامنه، مرحله ای و

فرکانس بر احتمال تشخیص رادار تحت مدل‌های Swerling I و Swerling III بحث می‌کنیم.

پنهان کاری لغو فعال یک جهت تحقیقاتی قابل توجه در زمینه پنهان کاری است. برخلاف پنهان کاری سنتی، احتمال شناسایی راداری هدفی که باید محافظت شود می تواند با پنهان کاری لغو فعال بیشتر کاهش یابد. [3-6]

2. سیگنال LFM و سیگنال NLFM

یک سیگنال صدای جیب دلخواه FM را می توان به عنوان ارائه داد

دو سیگنال در فضای آزاد ممکن است داخل منسجمی ایجاد کنند که سیگنال سنتز شده را ضعیف‌تر یا قوی‌تر می‌کند. در طول تحقیق لغو سیگنال، توجه بیشتری به سیگنال تداخل رادار یا بهم ریختگی [7-9]؛ سیگنال (1)؛ [10-12] سیگنال فشرده شده $S(t) = a(t) \exp(j\phi(t))$ فرکانس خطی [13,14] معطوف شده است. سیگنال فشرده سازی پالس LFM در سراسر جهان در سیستم های رادار مدرن استفاده می شود. سیگنال NLFM یک کلاس کلی از پردازش های فزاینده است که در آن نرخ جابجایی به یک ثابت محدود نمی شود. سیگنال های NLFM همچنین در بسیاری از انواع سیستم های راداری اعمال می شوند. [15] در نتیجه، تداخل در رادار LFM و فرکانس خطی و NLFM مهم تکنیک های الکترونیکی مدرن تبدیل شده است.

$$f(t) = 2\pi \frac{d\phi}{dt} \quad (2)$$

فرض کنید یاکت به شکل مستطیل باشد، آنگاه $a(t) = 1$ داریم .

بیان سیگنال باند پایه پیچیده [13] LFM است.

این عبارات برای احتمال تشخیص برای بازتاب هدف ثابت توسط مارکوم [46] ارائه شده است. $S(f) = \exp(-\mu f)$ سوئرلینگ [17] تکنیک هایی را برای مدل سازی نوسانات هدف معرفی کرد.

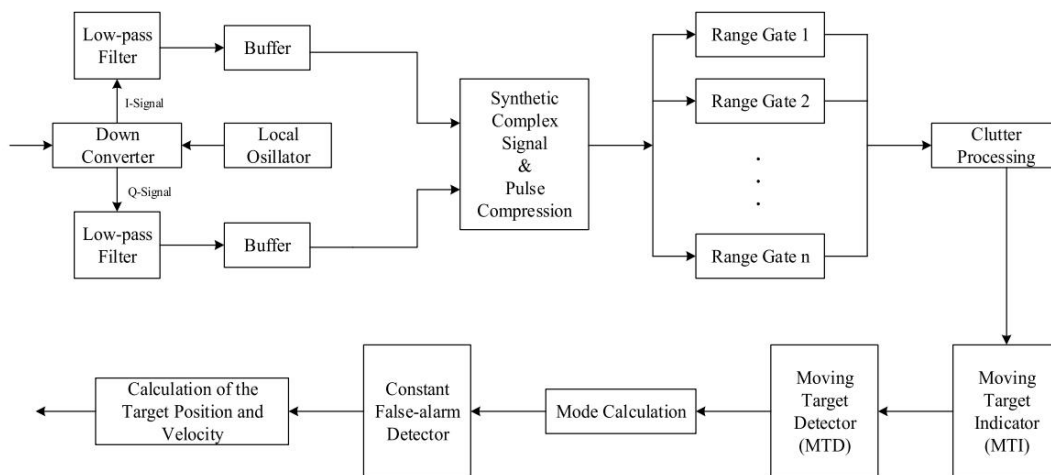
که در آن B/T = μ به عنوان شیب مدولاسیون فرکانس نامیده می شود، B پهنای باند، T مدت زمان پالس است.

برای تولید سیگنال، NLFM باید تابع فرکانس (t) را بدست آوریم که شکل طیف را تعیین می کند. در

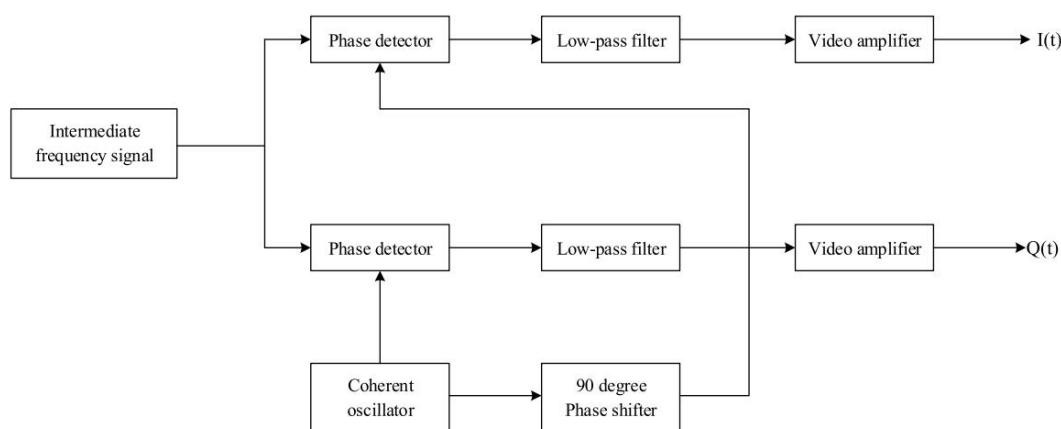
این مقاله، سه شکل موج NLFM مختلف را به شرح زیر در نظر می گیریم:

*

نویسنده متناظر. تلفن: +86 18201311103.
آدرس ایمیل: wanglf1972@163.com (L. Wang).



شکل 2. بلوک دیاگرام پردازش سیگنال رادار.



شکل 3. بلوک دیاگرام آشکارساز متعامد.

$$SC(t) = S(t - \tau) \times S(t - \tau_1) \times \dots \times S(t - \tau_{n-1}) \times aRCS \times \exp j(\varphi RCS + \pi) \quad (10)$$

بنابراین، سیگنال لغو برای سیگنال LFM را می توان با جایگزین کردن معادله به دست آورد. (3) به معادله (10)، فرمول ساده شده است

$$SC(t) = S(t)aRCS \exp j(\varphi RCS + \pi) \exp(-j\pi\tau_1\tau) \quad (11)$$

به طور مشابه، جایگزینی معادله (5) به معادله (10)، سیگنال لغو را برای تیلور دریافت می کنیم [22]

$$SC(t) = S(t) \exp -j\tau_1\tau \times \exp -jB_T \sum_{n=1}^N \frac{A(n)}{n} \cos n\pi(\tau - \tau_1) \times \exp -jB_T \sum_{n=1}^N \frac{A(n)}{n} \cos n\pi(\tau + \tau_1 - 2T) \times aRCS \exp j(\varphi RCS + \pi) \quad (12)$$

جایگزینی معادله (7) به معادله (10)، ما به سیگنال لغو برای ترکیب LFM و Tangent-FM می رسیم

$$(1 - \alpha)\tau_1\tau \times aRCS \exp j(\varphi RCS + \pi) \exp j$$

$$\frac{paBT}{\cos \frac{2\gamma t}{2} \times \cos \frac{2\gamma t}{2} \times \cos \frac{2\gamma t}{2}}$$

$$\times \frac{1}{2} \frac{\cos \frac{2\gamma t}{2} \times \cos \frac{2\gamma t}{2} \times \cos \frac{2\gamma t}{2}}{\cos \frac{2\gamma t}{2} \times \cos \frac{2\gamma t}{2} \times \cos \frac{2\gamma t}{2}} \quad (13)$$

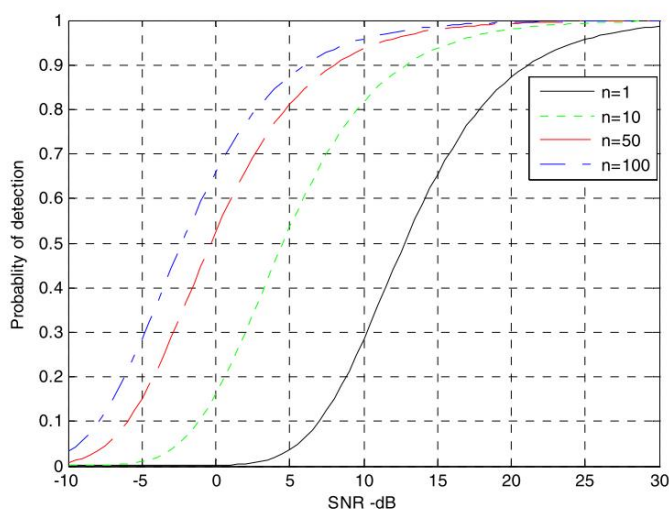
در نهایت، سیگنال لغو برای شکل موج NLFM پله ای را می توان با جایگزین کردن معادله به دست آورد. (9) به معادله (10) به شرح زیر است

$$SC(t) = S(t) \exp j\tau_1\tau \exp(j\pi BC T \delta) \times aRCS \exp j(\varphi RCS + \pi) \quad (14)$$

که در آن $\delta = \cos \theta + \cos \varphi - \cos u - \cos \theta$ ، φ ، η ، u می توان با موارد زیر بدست آورد

$$t - \tau = T \sin \theta/2 \quad t - \tau_1 = T \sin \varphi/2 \quad (15)$$

$$t = T \sin \eta/2 \quad t - \tau - \tau_1 = T \sin \gamma/2$$



شکل 4. احتمال تشخیص در مقابل SNR برای هدف نوع Swerling I.

4. احتمال تشخیص برای اهداف متحرک با استفاده از مدل Swerling I.

در این بخش احتمال تشخیص راداری برای اهداف متحرک با استفاده از مدل های Swerling I و III مورد بحث قرار می گیرد. این کار اول بود توسط مارکوم تحلیل شد. سونرلینگ کار مارکوم را به پنج نفر افزایش داد موارد متمایز که برای تغییرات در مقطع هدف به حساب می آیند. مشکل اصلی در مورد اجسام متحرک، تشخیص آن است،

که به نوبه خود نسبت سیگنال به نویز (SNR) را کاهش می دهد. جزئیات بیشتر

را می توان در [16]. Ref.

برای تابع توزیع احتمال ریلی مدل Swerling I

به شرح زیر است

$$f(\alpha) = \frac{1}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\alpha}{\sigma^2}\right) \quad (16)$$

که در آن σ^2 مقدار متوسط مقطع است. برای نوع III Swerling

تابع توزیع احتمال ریلی هدف به صورت بیان شده است

$$f(\alpha) = \frac{4p}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{\alpha}{\sigma^2}\right) \quad (17)$$

همانطور که مشخص است، احتمال تشخیص رادار (P D) یک تابع است رادار. ضربه آستانه و احتمال هشدار نادرست

برای مدل Swerling I، ما داریم

$$Pfa = 1 - \exp\left[-\frac{VT}{(1 + SNR)}\right] \quad (18)$$

$$\exp\left[-\frac{VT}{(1 + SNR)}\right], \quad n = 1$$

$$= \frac{1}{n} \exp\left[-\frac{VT}{(1 + SNR)}\right] + \frac{1}{n} \exp\left[-\frac{VT}{(1 + SNR)}\right] \quad (19)$$

که در آن VT و λ آستانه زمانی است که نویز به تنهایی در آن وجود دارد

$$1(x, N) = \exp\left[-\frac{VT}{(1 + SNR)}\right]$$

تابع گامی ناقص نامیده می شود. به عنوان مثال، اگر $Pfa = 10^{-6}$ ،

$n = 1, 10, 50, 100$ ، رابطه بین احتمال تشخیص

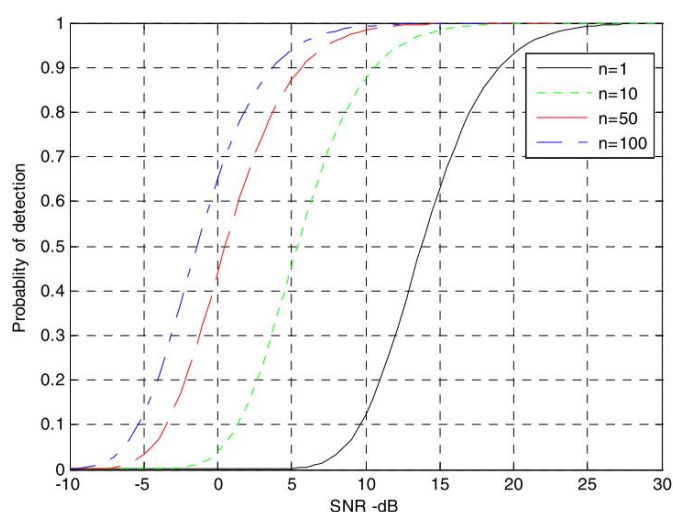
و P D در SNR در شکل 4 نشان داده شده است.

احتمال تشخیص رادار برای مدل Swerling III می تواند باشد

به عنوان نوشته شده است

$$P D = \exp\left[-\frac{VT}{(1 + SNR)}\right] \quad (20)$$

$$K0 = 1 + \frac{VT}{n \cdot SNR} \quad (21)$$



شکل 5. احتمال تشخیص در مقابل SNR برای هدف نوع Swerling III.

$$= \frac{\exp(-VT)}{(1 + n \cdot SNR/2)^{n-1}} + K0 \times \frac{VT}{1 + 2/n \cdot SNR} \quad (21)$$

شکل 5. احتمال تشخیص را به عنوان تابعی از SNR برای نشان می دهد تعداد پالس های مختلف که در آن $Pfa = 10^{-9}$ در مدل سوم Swerling.

5. دامنه، فاز و فرکانس تجزیه و تحلیل خطا برای احتمال تشخیص

با توجه به اصل تداخل موج منسجم، پژواک رادار زمانی که معادله به طور کامل لغو می شود. (22) به شرح زیر رضایت دارند [13]

$$\begin{aligned} a &= 0 \\ \phi &= (2k + 1)\pi \\ f &= 0 \end{aligned} \quad (22)$$

جایی که k یک عدد صحیح است، a خطای دامنه، ϕ فاز است خطا، و f خطای فرکانس است. با این حال، برخی باید وجود داشته باشد خطا در کاربرد عملی هنگامی که τ و τ_1 برخی از شرایط خاص را برآورده می کنند، اکو رادار توسط تداخل لغو می شود. موج، در غیر این صورت پژواک رادار تقویت می شود. در مرحله بعد، ما در مورد شرایطی که لغو را برآورده می کند بحث خواهیم کرد.

اجازه دهید $RCS = 1$ و $RCS = 0$ به عنوان شکل ساده شده، سپس رادار سیگنال اکو را می توان به صورت نوشتاری

$$Se(t) = S(t) + SC(t) \quad (23)$$

جایگزینی معادلات (14)-(11) به معادله (23)، ما می توانیم بیان سیگنال اکو LFM و NLFM را بدست آوریم که در نشان داده شده است. جدول 2.

با در نظر گرفتن تأثیر خطای دامنه، فاز و فرکانس در احتمال تشخیص، سیگنال واقعی سود نرمال می تواند به صورت بیان شود

$$\beta dB = 20 \lg 1 + (1 + a) \cos(2\pi ft - \phi + \pi) \quad (24)$$

سپس ما تقریباً SNR بهبود یافته را از معادله استخراج می کنیم. (24) آن

ممکن است به صورت نوشته شود

$$SNRL = 20 \lg 1 + (1 + a) \cos(2\pi ft \pm \phi + \pi) \cdot |SNR| \quad (25)$$

جایگزینی معادله (25) به معادله (19)، معادله (20) و معادله (21)، ما می توانیم دریافت کنیم احتمال کشف رادار لغو شده که شامل تقویت

بیان سیگنال اکو برای LFM و NLFM.

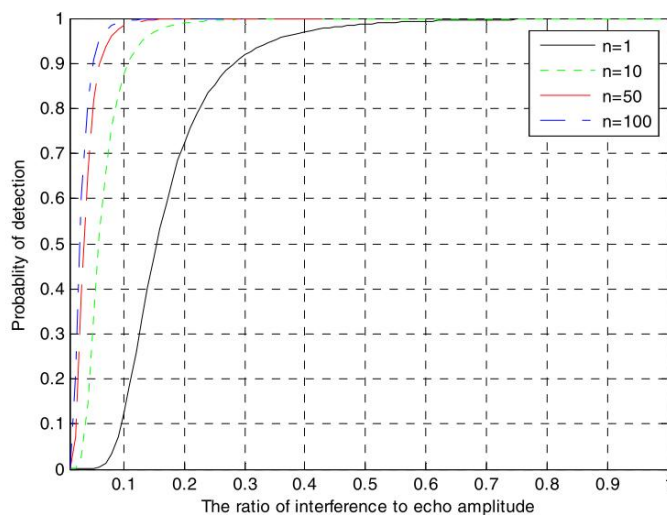
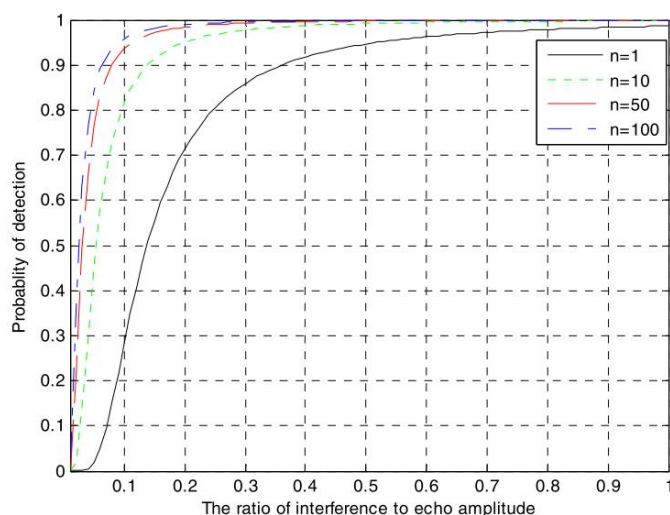
عملکرد پنجره	بیان سیگنال اِکو
LFM	$S_e(t) = S(t) \{1 + a \text{RCS} \exp[j(\varphi \text{RCS} + \pi)] \exp(j \pi \mu \tau t^2)\}$
تیلور	$S_e(t) = S(t) \exp \left\{ j \left[\frac{A(n)}{n} \cos \left(\frac{2\pi}{n} \right) \times \exp \left[j(\varphi \text{RCS} + \pi) \right] \right] \right\}$ <p>تقریب</p>
LFM & Tangent FM	$(1 - \alpha) \tau t \times a \text{RCS} \exp \left\{ j(\varphi \text{RCS} + \pi) \right\}$ <p>تقریب</p>
قدم گذاشت	$S_e(t) = S(t) \left[1 + \exp \left\{ j \pi \text{BC T } \delta \right\} \times a \text{RCS} \exp \left\{ j(\varphi \text{RCS} + \pi) \right\} \right]$ <p>تقریب</p>

احتمال تشخیص در مقابل SNR برای Swerling I, $n = 10$.

SNR (dB)	10	15	20	25	30	
P D (%)	0.985	81.648	93.740	97.971	99.353	99.795

احتمال تشخیص در مقابل SNR برای Swerling III, $n = 10$.

SNR (dB)	10	15	20	25	30
0.016	48.920	87.644	98.341	99.817	99.998



احتمال تشخیص در مقابل خطای دامنه برای Swerling I, $n = 10$.

\bar{i}	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
P D (%)	81.648	95.014	97.748	98.946	99.183	99.432	99.582	99.680	99.747	99.795

احتمال تشخیص در مقابل خطای دامنه برای. Swerling III, $n = 10$.

\bar{i}	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
P D (%)	87.644	98.931	99.775	99.927	99.970	99.986	99.992	99.996	99.997	99.998

قرار دادن معادله (26)، معادله (19) و معادله (21) با هم، ما را به دست می آوریم

احتمال کشف رادار لغو شده در مقابل خطای دامنه الف

که در شکل 6 و 7 نشان داده شده است. نتایج نیز نشان داده شده است

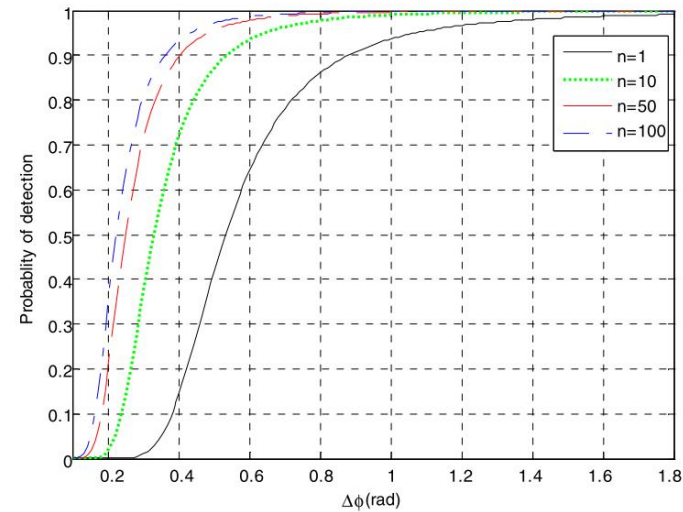
در جدول 5 و جدول 6.

از جدول 5، ما می توانیم $\alpha = 99.795\%$ P D-I را زمانی که $n = 10$ پیدا کنیم،

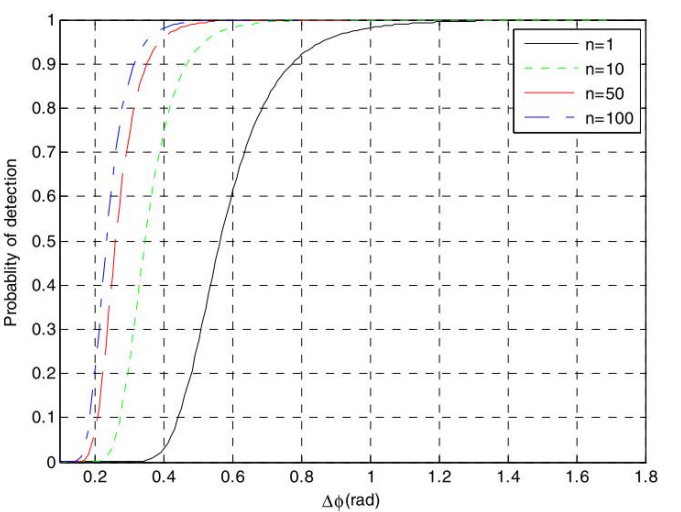
$a = 1$ یعنی احتمال تشخیص رادار کاهش می یابد

وقتی خطای دامنه $a = 1$ یا 0 را برآورده می کند، آن را جزئی می نامیم.

لغو تحت این شرایط اگر یک α تشخیص رادار



شکل 8. احتمال تشخیص در مقابل خطای فاز برای Swerling I.



شکل 9. احتمال تشخیص در مقابل خطای فاز برای Swerling III.

جدول 7

احتمال تشخیص در مقابل خطای فاز برای Swerling I, n = 10.

ϕ	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49
P D (%)	99.763	99.768	99.772	99.777	99.782	99.786	99.790	99.795	99.799

جدول 8

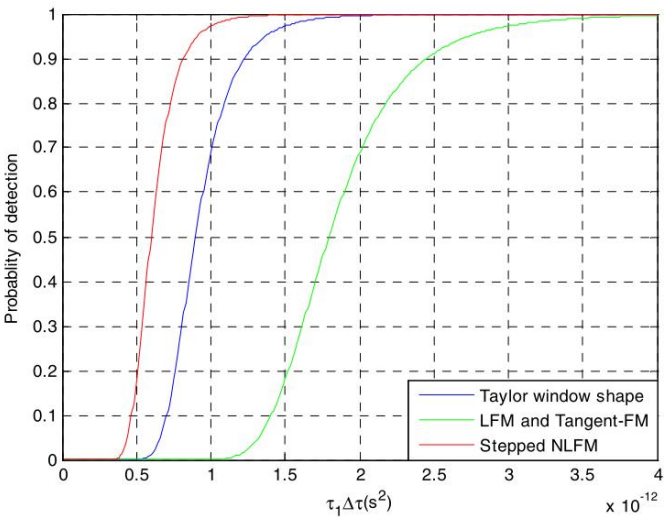
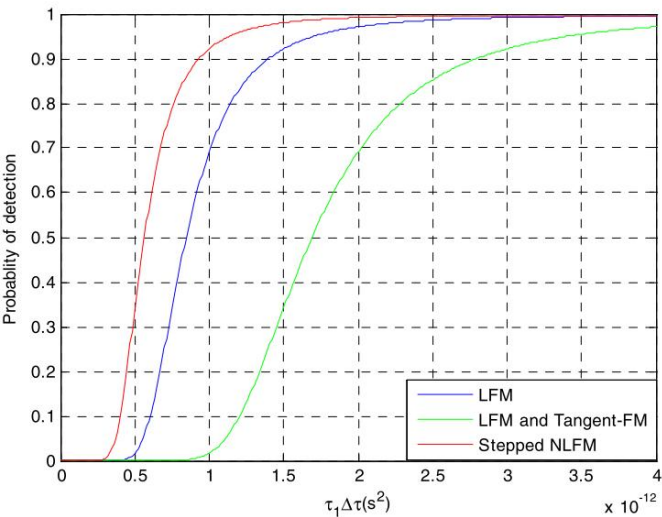
احتمال تشخیص در مقابل خطای فاز برای Swerling III, n = 10.

ϕ	1.41	1.42	1.43	1.44	1.45	1.46	1.47	1.48	1.49
P D (%)	99.998	99.998	99.998	99.998	99.998	99.998	99.998	99.998	99.999

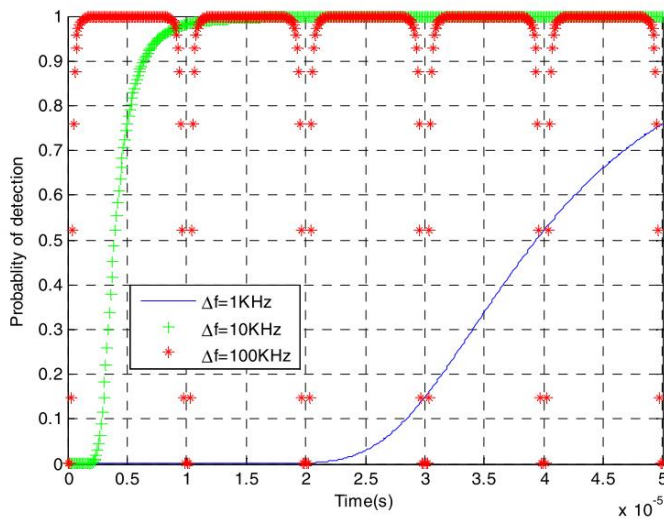
جدول 9

رابطه بین τ و τ_1 برای LFM و NLFM.

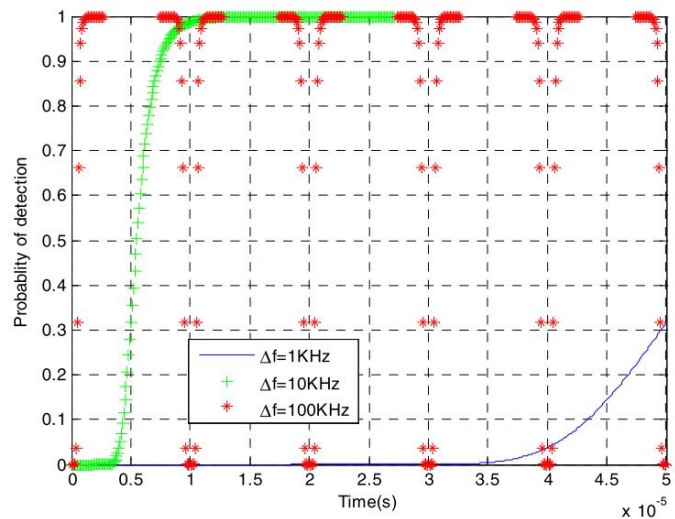
عملکرد پنجره	ϕ بیان صریح
LFM	$\phi = pmt1t$
تیلور	$(\tau + \tau_1) \cos(\frac{\pi}{2} \frac{\tau_1}{\tau + \tau_1})$
LFM & Tangent FM	$\frac{B \pi (1-\alpha) \tau \tau_1 \cos(\frac{\pi}{2} \frac{\tau_1}{\tau + \tau_1})}{\cos(\frac{\pi}{2} \frac{\tau_1}{\tau + \tau_1})}$
قدم گذاشت	T d قبل از میلاد τ_1 ϕ



شکل 10. احتمال تشخیص در مقابل خطای فاز $\tau_1 \tau$ برای Swerling II ($B = 10$ MHz, $\alpha = 0.5$, $n = 1$, $T = 50$ میکرو ثانیه, $BL = 15$ مگاهرتز).



شکل 12. احتمال تشخیص در مقابل خطای فرکانس برای Swerling I (n = 50).



شکل 13. احتمال تشخیص در مقابل خطای فرکانس برای Swerling III (n = 10).

احتمال افزایش می یابد، سپس پژواک رادار تقویت می شود. برای Swerling III، نتایج یکسانی ممکن است با مصرف a به دست آید نگاهی دقیق تر به جدول 6. به همین ترتیب، اگر $a = 0$ و $f = 0$ باشد، SNR در مقابل فاز بهبود یافته است خطا خواهد بود

$$\text{SNRL} \approx \phi = 20 \lg 1 - \cos(\phi) \cdot |\text{SNR}| \quad (27)$$

ترکیب معادله (27)، معادله (19) با معادله (21)، اما احتمال تشخیص رادار سلولدار را در مقابل خطای فاز ϕ به دست می آوریم. شکل 8 و شکل 9 نشان می دهد که چگونه احتمال کشف رادار لغو شده متفاوت است با خطای فاز همچنین نتایج به صورت جزئی در جدول 7 و جدول 8 بیان شده است.

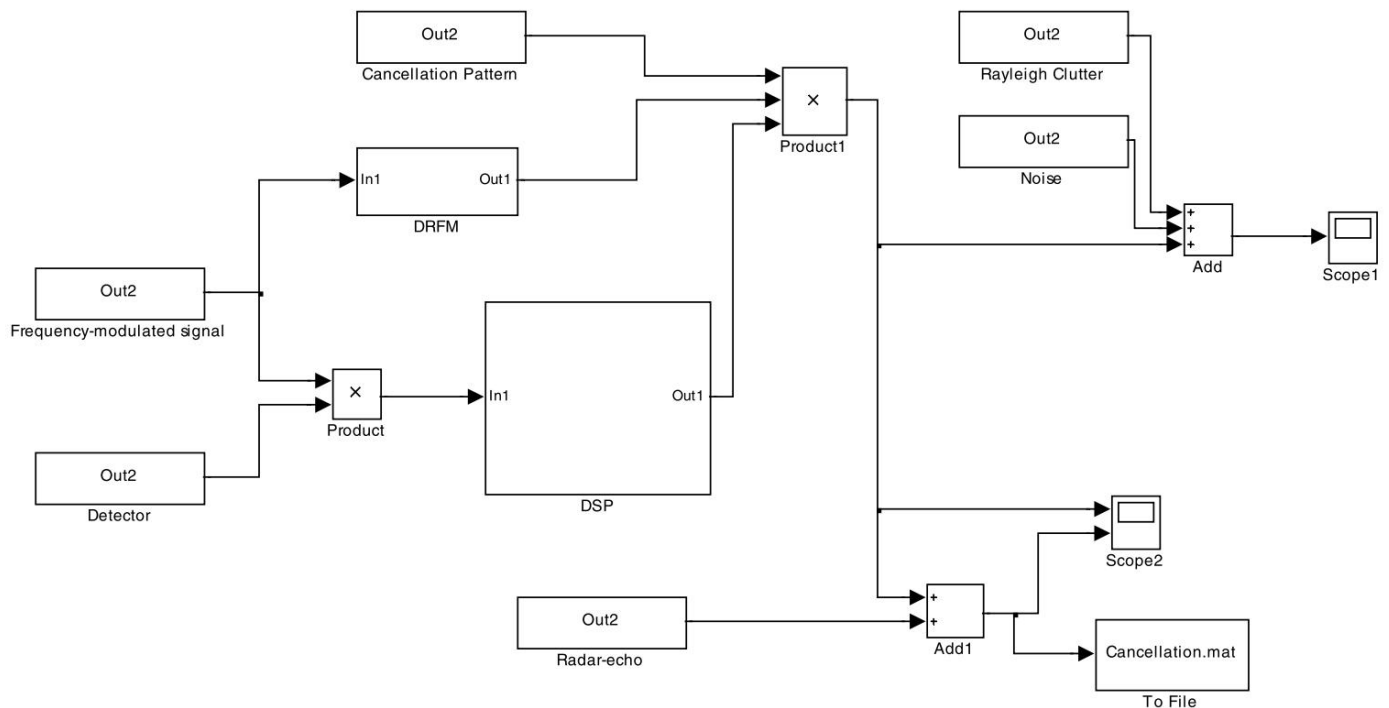
از جدول 7، ممکن است $P_{D-I} \approx 99.795\%$ را وقتی $n = 10$ بدانیم، $\phi = 1.48$ بنابراین احتمال تشخیص رادار کاهش خواهد یافت هنگامی که خطای فاز $\phi \approx 1.48$ را برآورده می کند. در غیر این صورت، رادار احتمال تشخیص زمانی که $\phi > 1.48$ و رادار افزایش می یابد

اگر تقویت خواهد شد. برای Swerling III نیز همین نتایج می توان از طریق مطالعه جدول 8 به پایان رسید. از سوی دیگر، ما همچنین می توانیم رابطه بین ϕ و τ را با استفاده از جدول 2، عبارات صریح محاسبه کنیم. در جدول 9 نشان داده شده است.

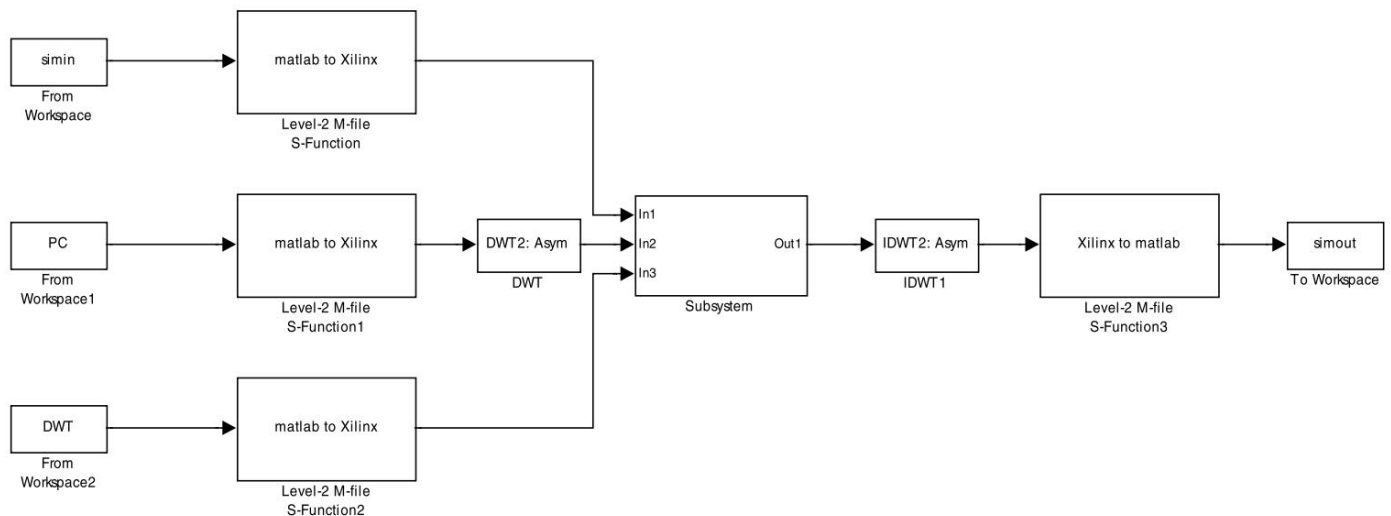
فرض کنید که فقط یک اختلاف فاز از $\pi\tau$ وجود دارد $\pi\tau$ در سیگنال NLFM شکل پنجره تیلور، $\pi\tau$ در سیگنال LFM یا Tangent-FM $\pi\tau$ در خطای فاز NLFM و LFM

سیگنال در شکل 10 و شکل 11 نشان داده شده است. در اقدام متقابل راداری واقعی، معمولاً تشخیص آن دشوار است هدف زمانی که احتمال تشخیص رادار به زیر 50 درصد رسید و بنابراین نیازی به لغو کامل سیگنال اگو نیست. از شکل 10 و شکل 11 می توان نتیجه گرفت که با کنترل زمان تاخیر، احتمال تشخیص رادار به 50% کاهش می یابد.

سیگنال (LFM
 $Bt(1-a)t$



شکل 14. بلوک دیاگرام سیمولینک سیستم شبه سازی.



شکل 15. بلوک دیاگرام پردازش سیگنال سیمولینک.

۲τ برای سیگنال LFM و NLFM در این لحظه، آن را می نامیم لغو کامل

در نهایت، اگر $\alpha = 0$ و $\varphi = 0$ را بسازیم، SNR بهبود یافته نسبت به فرکانس خطای فیه صورت بیان می شود.

$$SNRL \approx f = 20 \lg 1 + \cos(2\pi ft + \pi) \cdot |SNR| \quad (28)$$

جایگزینی معادله (28) به معادله (19) و معادله (21) ما می توانیم دریافت کنیم احتمال کشف رادار لغو شده در مقابل خطای فرکانس f .

شکل 12 و شکل 13 نشان می دهد که چگونه احتمال تشخیص رادار متفاوت است در مقابل خطای فرکانس

از شکل 12 و شکل 13، متوجه می شویم که توانایی تشخیص رادار تغییرات دوره ای را نشان می دهد. هر چه خطای فرکانس بزرگتر باشد،

دوره کوتاهتر است. علاوه بر این، تأثیر فرکانس خطا در لغو حساس تر از خطای دامنه است و خطای فاز

6. شبیه سازی سیستم لغو

با توجه به تئوری فوق، آزمایش های شبیه سازی برای تأیید تأثیر پنهان کاری لغو فعال برای LFM انجام می شود.

و سیگنال NFLM با استفاده از matlab/Simulink پامتراها هستند

به صورت زیر تنظیم می شود: سیگنال های LFM و NFLM با عرض ضربه حمل می شوند

50 میکرو ثانیه، پهنای باند 10 مگاهرتز، خطای دامنه (نسبت تداخل به دامنه اکو)، 0.4 خطای فرکانس 1 کیلوهرتز، زمان تاخیر

2 میکرو ثانیه است. شکل 14 بلوک دیاگرام سیمولینک کل سیستم سلول سلولی را نشان می دهد. بلوک دیاگرام سیمولینک پردازش سیگنال

در میان سیستم در شکل 15 نشان داده شده است. نتایج شبیه سازی عبارتند از در شکل 16 و 17 نشان داده شده است.

نتایج شبیه سازی نشان می دهد که با استفاده از لغو فوق

سیستم می تواند افزایش اکو را کاهش دهد. در شرایط خطای خاص،

سیستم هنوز هم اثر لغو بسیار بالایی دارد. از شکل (b)، the 16

دامنه سیگنال حدود 15 دسی بل کاهش می یابد. از شکل (b)، the 17 دامنه سیگنال نیز حدود 18 دسی بل کاهش یافته است. حتی در آن خطاها

در مواردی، سیستم می تواند پژواک هدف را به طور موثر لغو کند.

7. نتیجه گیری

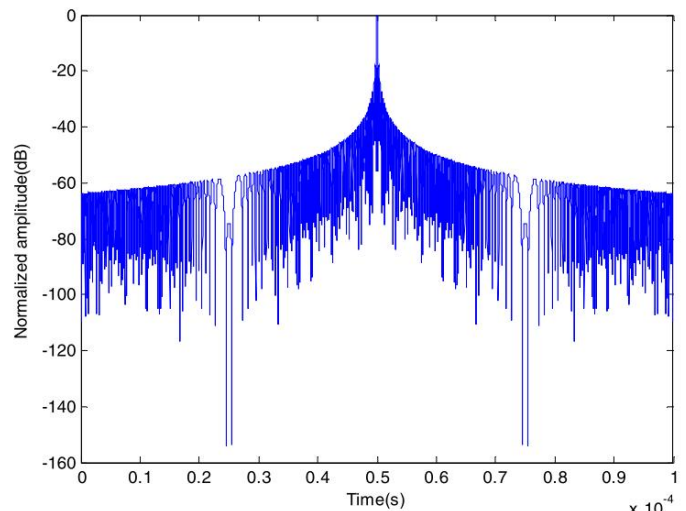
نتایج ارائه شده در اینجا را می توان به صورت زیر خلاصه کرد:

احتمال تشخیص رادار به طور موثر و کارآمد کنترل می شود

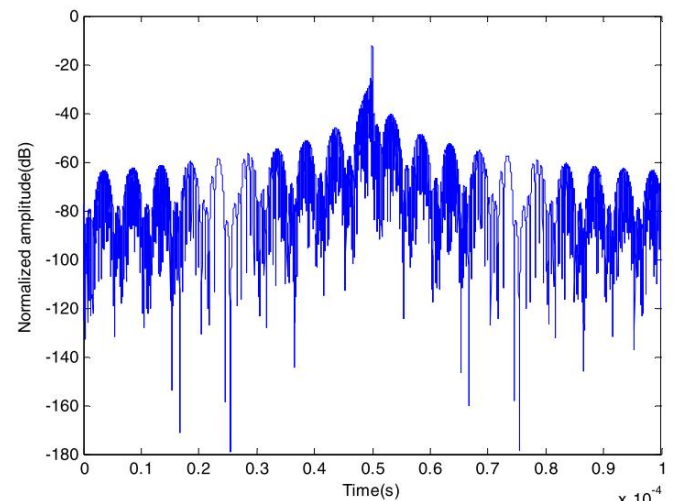
از طریق تعامل بین سیگنال لغو و سیگنال اکو. نتایج شبیه سازی نیز نشان می دهد که با استفاده از لغو

سیستم می تواند افزایش اکو را کاهش دهد. حتی اگر تعدادی وجود داشته باشد

خطاها، سیستم هنوز هم اثر تداخل بسیار بالایی دارد. به طور همزمان، مخفی کاری لغو فعال یک مکمل موثر برای اقدامات مخفی کاری معمولی فراهم می کند. علاوه بر این، ما-



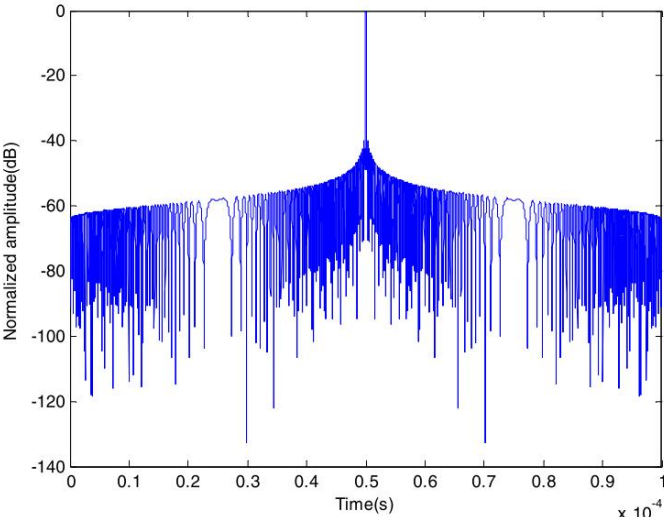
(a)



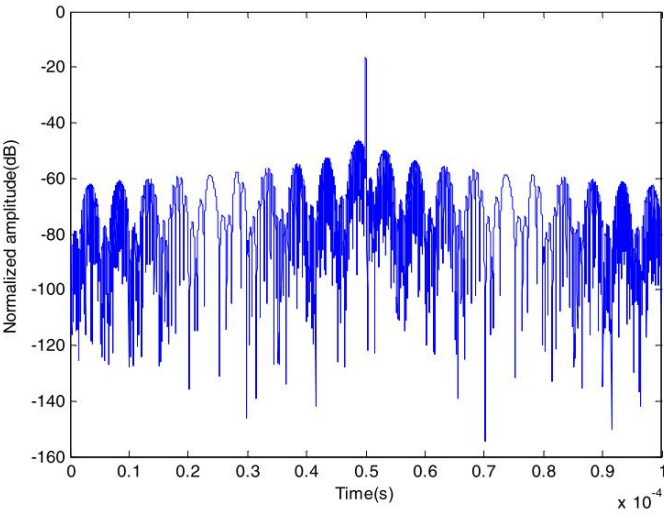
(b)

شکل 16. (الف) قبل از لغو سیگنال اکو برای LFM، (ب) پس از لغو سیگنال اکو برای LFM

با توجه به احتمال تشخیص رادار، میزان لغو فعال را می توان به عنوان لغو جزئی، لغو کامل طبقه بندی کرد.



(a)



(b)

شکل 17. (الف) قبل از لغو سیگنال اکو برای NFLM شکل پنجره تیلور، (ب) پس از لغو سیگنال اکو برای NFLM شکل پنجره تیلور.

و پژواک تقویتی در مقایسه با [13] Refs. و [22] روش ما برای تخمین اثر مخفی کاری و کنترل برخی از خطاهای پارامتر راحت تر است.

بیانیه تعارض منافع

هیچ کدام اعلام نکردند.

سیاسگزارها

این کار توسط بنیاد ملی علوم طبیعی حمایت شده است.
تاریخ چین تحت شماره گرت، 51307004

منابع

[1] EF Knott, JF Shaeffer, MT Tuley, Radar Cross Section, SciTech Publishing, Inc. 2004.

[2] DC Jenn, مهندسی مقطع رادار و لیزر، موسسه آمریکایی Aeronautics and Astronautics Inc., 2005.

[3] CW Qu, YC Xiang, تجزیه و تحلیل پنهان کنسلی فعال بر اساس ویژگی RCS هدف. Radar Sci. تکنولوژی. 109-112. 8 (2) (2010)

[4] CW Qu, YC Xiang, HP Hou, WJ Zhou, تجزیه و تحلیل تداخل لغو رادار منسجم بر اساس مدولاسیون فاز. J. Univ. الکترون. علمی تکنولوژی چین. 829-834. 40 (6) (2011)

[5] YC Xiang, CW Qu, BR Li, HP Hou, تحقیق شبیه سازی در مورد لغو پنهان کاری کشتی جنگی بر اساس خواص پراکندگی رادار آن. Syst. شبیه سازی. 104-110. 25 (1) (2013)

[6] YC Xiang, CW Qu, DF Ping, WQ Zhao, تحقیق در مورد پنهان کاری لغو فعال کشتی جنگی، کشتی الکترون. مهندس. 103-106. 30 (2) (2010)

[7] X. Guo, HB Sun, TS Yeo, لغو تداخل برای رادار موج سطحی فرکانس بالا. 1879-1892. 46 (7) (2008)

[8] K. Lizuka, AP Freundorfer, T. Iwasaki, روشی برای لغو بهم ریختگی سطح برای رادار CW زیرزمینی. IEEE Trans. الکترومغناطیس. سازگاری. 31 (3) (1989) 330-332.

[9] B. ریشه، تشخیص کشتی رادار IHF از طریق لغو بهم ریختگی، در: IEEE National کنفرانس رادار، دالاس، 1998، صص 281-286.

[10] C. Paleologu, J. Benesty, et al., Widely linear general Kalman filter for stereo- لغو اکو آکوستیک صوتی، فرآیند سیگنال. 570-575. 94 (2014)

[11] S. Cecchi, L. Romoli, P. Peretti, F. Piazza, اجرای کم پیچیدگی یک الگوریتم همبستگی بلادرنگ برای لغو اکو آکوستیک استرئو فونیک، فرآیند سیگنال. 2668-2675. 92 (2012)

[12] C. Stanciu, J. Benesty, لغو اکو، فرآیند سیگنال. 511-516. 93 (2013)

[13] YJ Wang, GQ Zhao, HW Wang, الگوریتم لغو اکو برای رادار LFM، J. Xidian Univ 35 (6) (2008) 1031-1035.

[14] YC Xiang, CW Qu, HP Hou, YK Chen, تجزیه و تحلیل بر اساس لغو LFMICW در مورد تأخیر گروه و تابع ابهام، CAEIT 6 (2) (2011) 175-180.

[15] FM Dickey, CS Holswade، نظریه و تکنیک های شکل دهی پرتو لیزر، مارسل شرکت دکر، نیویورک، 2000.

[16] ZJ Chen, Q. Luo, Q. Chen، تجزیه و تحلیل سیستم های رادار و طراحی با استفاده از MATLAB و پیرایش دوم، انتشارات خانه صنعت الکترونیک، پکن، 2008.

[17] Y. Li, NR Sollenberger، آرایه های آنتن تطبیقی برای سیستم های OFDM با تداخل کانال مشترک، IEEE Trans. اشتراک. 217-229. 47 (2) (1999)

[18] P. Yichun, P. Shirui، طراحی بهینه سازی سیگنال NFLM و شبیه سازی فشرده سازی پالس آن، در: Conf. IEEE Int. رادار، آرلینگتون، 2005، صص 383-386.

[19] T. Collins, P. Atkins، چپیک های مدولاسیون فرکانس غیرخطی برای سونار فعال، IEE Proc. رادار سونار ناویگ. 312-316. 146 (6) (1999)

[20] M. Luszczzyk، ارزیابی عددی تابع ابهام برای شکل موج رادار غیرخطی پلکانی، در: Int. Conf. مایکروویوها رادار بی سیم، 2006، صفحات 1164-1167.

[21] DB Adams, WT Snider, CK Madsen، یک مولد شکل موج جدید NFLM با استفاده از تشدید کننده های حلقه نوری یکپارچه قابل تنظیم: شبیه سازی و اثبات آزمایش مفهومی، Proc. SPIE 7684 (2010) 76841A-1-76841A-12.

[22] S. Xu, YM Xu، طراحی برای سیستم لغو مدولاسیون فرکانس غیرخطی سیگنال. Optik 124 (2013) 4896-4900.