دانشکده‌ی آموزش‌های الکترونیکی

پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی برق - کنترل

کاربرد همزمانی سیستمهای آشوبناک در یک سیستم مخابراتی امن

به کوشش

فریده پارسایی

استاد راهنما:

دکتر پاکنوش کریم آقایی

شهریور ماه ۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خدا

اظهارنامه

اینجانب **فریده پارسایی** (۸۷۱۰۱۹) دانشجوی رشته ی **مهندسی برق** گرایش **کنترل** دانشکده ی **آموزش‌های الکترونیکی** اظهارمی کنم که این پایان نامه حاصل پژوهش خودم بوده و در جاهایی که از منابع دیگران استفاده کرده ام، نشانی دقیق و مشخصات کامل آن را نوشته ام .همچنین اظهارمی‌کنم که تحقیق و موضوع پایان نامه‌ام تکراری نیست و تعهد می نمایم که بدون مجوز دانشگاه دستاوردهای آن را منتشر ننموده و یا در اختیار غیر قرار ندهم .کلیه حقوق این اثر مطابق با آیین نامه مالکیت فکری و معنوی متعلق به دانشگاه شیراز است.

نام ونام خانوادگی:

تاریخ و امضا:

تقدیم به

مهربان فرشتگانی که

لحظات ناب باور بودن،

لذت و غرور دانستن،

جسارت خواستن،

عظمت رسیدن

و تمام تجربه‌های یکتا و زیبای زندگیم، مدیون حضور سبز آنهاست

تقدیم به پدر بزرگوار ، مادر مهربان و همسر عزیزم

سپاسگزاری

خداوند متعال را سپاسگزارم که توفیق به پایان رساندن این پژوهش را به اینجانب عطاء نمود.
قدردانم از زحمات استاد محترم جناب آقای دکتر پاکنوش کریم آقایی که با صرف ساعات فراوانی از وقت ارزشمندشان ، نهایت لطف و عنایت را در حق اینجانب مبذول داشته‌اند و همچنین سپاسگزارم از استادان ارجمند جناب آقای دکتر درختیان و دکتر روستا که با راهنمایی‌های خود راهگشای اینجانب بوده‌اند. لازم می‌دانم از زحمات پدر و مادر گرامی‌ام و شکیبایی همسرم که همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده اند نیز، کمال تشکر را بنمایم.

چکیده

کاربرد همزمانی سیستم‌های آشوبناک در یک سیستم مخابراتی امن

به کوشش

فریده پارسایی

از جمله مسائل استراتژیک هر کشوری تامین امنیت آن کشور است. از مشکلاتی که در جنگ جهانی اول بوجود آمد، گاها حمله به هواپیماهای خودی و انهدام آنها به دلیل عدم تشخیص درست بود. از آن زمان روش‌ها و سیستم‌های مختلفی برای شناسایی هواپیماهای دوست از دشمن مورد بررسی و استفاده قرار گرفته است.

امنیت مخابره اطلاعات در یک سیستم شناسایی دوست از دشمن امری بسیار حیاتی است. در این تحقیق قصد داریم تا از قابلیت همزمانی سیستم‌های آشوبناک، برای تامین امنیت مخابره اطلاعات یک سیستم شناسایی دوست از دشمن استفاده کنیم. لازم به ذکر است که این کاربرد خاص از همزمانی سیستم‌های آشوبناک در یک سیستم شناسایی دوست از دشمن و نیز در نظر گرفتن اثر چندمسیری برای کانال مخابراتی کاملا بدیع است.

در این تحقیق ابتدا سیستم‌های آشوبناک و همزمانی در سیستم‌های آشوبناک معرفی شده ، سپس به مطالعه سیستم‌های شناسایی دوست از دشمن و مدل حاکم بر یک سیستم مخابراتی شناسایی دوست از دشمن پرداخته شده است. پس از آن سیستم آشوبناک و روش همزمانی مناسب ارائه و پایداری خطا اثبات شده است و در نهایت شبیه سازی و نتایج و پیشنهادات ارائه گردیده است.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

۱- مقدمه ۲

۱-۱- پیش گفتار ۲

۱-۲- هدف از انجام پایان نامه ۲

۱-۳- ساختار پایان نامه ۳

۲- مبانی نظری تحقیق ۶

۲-۱- سیستمهای شناسایی دوست از دشمن ۶

۲-۱-۱- تاریخچه سیستمهای شناسایی دوست از دشمن ۶

۲-۱-۲- معایب و مزایای سیستمهای رادارهای اولیه و ثانویه ۹

۲-۱-۲-۱- معایب سیستمهایی که تنها به رادارهای اولیه مجهز میباشند. ۹

۲-۱-۲-۲- مزایای سیستمهای مجهز به رادارهای ثانویه ۱۰

۲-۱-۳- معرفی کلی سیستم تشخیص دوست از دشمن ۱۰

۲-۱-۴- نحوه عملکرد سیستم ۱۱

۲-۱-۵- تواناییهای سیستم ۱۳

۲-۱-۵-۱- کد شناسایی هواپیما یا کد ID ۱۴

۲-۱-۵-۲- موقعیت مکانی هواپیما ، کد I/P ۱۴

۲-۱-۵-۳- گزارش اتوماتیک ارتفاع ۱۵
۲-۱-۵-۴- اعلام وضعیت اضطراری ۱۵
۲-۱-۶- محاسبه برد سیستم ۱۵
۲-۱-۷- مشکلات سیستم ۱۶
۲-۱-۷-۱- مشکلات ناشی از اهداف مجاور ۱۶
۲-۱-۷-۲- مشکلات ناشی از گلبرگهای کناری آنتن جهتی ۱۷
۲-۱-۷-۱-۲- سیستم حذف باند کناری ۱۸
۲-۱-۷-۳- مشکل انعکاسها از گلبرگ اصلی آنتن جهتی ۱۹
۲-۱-۷-۴- مشکل زیاد شدن دوره کاری ترانسپوندر ۲۰
۲-۱-۸- احتمال ارسال پاسخ ۲۱
۲-۱-۹- معرفی تجهیزات مستقر در هواپیما (ترانسپوندر) ۲۱
۲-۱-۹-۱- توضیح عملکرد ترانسپوندر ۲۲
۲-۱-۱۰- معرفی ایستگاه زمینی پرسشگر – گیرنده (IR Unit) ۲۶
۲-۱-۱۰-۱- نحوه عملکرد ایستگاه زمینی ۲۸
۲-۱-۱۱- مدهای درخواست شناسایی و مدهای پاسخ ترانسپوندر ۳۱
۲-۱-۱۱-۱- Mode 1 ..... ۳۲
۲-۱-۱۱-۲- Mode 2 ..... ۳۳
۲-۱-۱۱-۳- Mode 3/A ۳۳
۲-۱-۱۱-۴- Mode C ۳۴
۲-۱-۱۱-۵- Mode 4 ..... ۳۵
۲-۱-۱۲- تشریح کلی و معرفی ترانسپوندر ۳۶
۲-۱-۱۲-۱- معرفی کلی ترانسپوندر ۳۶
۲-۱-۱۲-۲- کاربردهای سیستم ۳۶

۲-۱-۱۲-۳- نحوه عملکرد ۳۷
۲-۱-۱۲-۴- مدهای کاری سیستم ۳۷
۲-۱-۱۲-۴-۱- کدها و مدهای پرسش ۳۸
۲-۱-۱۲-۴-۲- کدها و مدهای پاسخ عادی ۳۹
۲-۱-۱۲-۴-۲-۱-Mode 1 ..... ۳۹
۲-۱-۱۲-۴-۲-۲-Mode 2 And 3/A ۳۹
۲-۱-۱۲-۴-۲-۳- Mode C ۴۰
۲-۱-۱۲-۴-۳- پاسخهای مخصوص ۴۰
۲-۱-۱۲-۴-۳-۱- تشخیص موقعیت (I/P) ۴۰
۲-۱-۱۲-۴-۳-۲- پاسخ اضطراری ۴۱
۲-۱-۱۲-۴-۴- پاسخ مد ۴ ..... ۴۲
۲-۱-۱۲-۵- مشخصات طراحی ۴۲
۲-۲- سیستمهای آشوبناک ۴۳
۲-۲-۱- معرفی سیستمهای آشوبناک ۴۳
۲-۲-۲- همزمانی سیستمهای آشوبناک ۴۳
۲-۲-۲-۱- همزمانی با روش پیکورا و کارول ۴۴
۲-۲-۲-۲- همزمانی با کنترل پیوسته ۴۶
۲-۲-۲-۳- همزمانی مونوتونیک ۴۸
۲-۲-۲-۴- همزمانی عملی ۴۸
۲-۲-۲-۵- همزمانی Feedback-Type ۴۹
۲-۲-۲-۶- همزمانی با روش Inverse System ۵۰
۲-۲-۲-۷- همزمانی تعمیم یافته ۵۱
۲-۲-۲-۸- همزمانیهای GFPS و FPS و GPS وPS ۵۲

۲-۳- سیستم های آشوبناک در مخابرات ۵۴
۲-۳-۱- روش های آشوبناک کردن پیغام ۵۴
۲-۳-۱-۱- Chaos Masking ۵۴
۲-۳-۱-۲- Chaos Modulation ۵۵
۲-۳-۱-۳- Chaos Shift Keying ۵۵
۲-۳-۱-۳-۱- Coherent CSK ۵۵
۲-۳-۱-۳-۲- Non-Coherent CSK ۵۷
۳- مروری بر تحقیقات انجام شده در زمینه مخابره امن سیستمهای آشوبناک ۶۰
۴- بررسی ، شبیه سازی و انتخاب روش مناسب ۶۵
۴-۱- یک مثال ساده از مخابره آشوبناک ۶۵
۴-۲- بررسی الزامات حاکم بر یک سیستم مخابره آشوبناک امن ۷۲
۴-۲-۱- مدل سیستم ۷۲
۴-۲-۲- بررسی کانال ۷۶
۴-۳- ارائه سیستم آشوبناک مناسب ۷۸
۴-۳-۱- ارائه تابع لیاپانوف مناسب و روش همزمانی ،اثبات پایداری خطا و تخمین پارامترهای گیرنده..... ۷۹
۴-۳-۱-۱- انتخاب دینامیک خطا ۷۹
۴-۳-۱-۲- انتخاب تابع لیاپانوف ۸۰
۴-۳-۱-۳- انتخاب سیگنال کنترلر تطبیقی ۸۱
۴-۳-۱-۴- اثبات پایداری خطا ۸۱
۴-۳-۲- تخمین پارامترهای نامعلوم فرستنده با دینامیک لورنز با درنظر گرفتن کانال دو مسیره با تاخیر و تضعیف معلوم (تخمین P_1) ۸۲
۴-۴- امنیت سیستم مخابره آشوبناک ۸۷

۴-۴-۱- تهدیدات شناخته شده برای سیستم مخابره آشوبناک و بررسی امنیت روش پیشنهادی. ۸۷
۴-۴-۱-۱- Return Map ۸۸
۴-۴-۱-۲- General Synchronization Attack ۹۶
۴-۴-۱-۳- Filtering ۹۶
۴-۴-۱-۳-۱- راهکارهای داشتن یک سیگنال آشوب با فرکانس بالاتر ۹۸
۴-۴-۱-۳-۱-۱-۱- مقایسه طیف توان سیگنال های آشوبناک مختلف و انتخاب سیگنال آشوب با فرکانس بالاتر ۹۹
۴-۴-۱-۳-۱-۲- بررسی متغیرهای حالت دینامیک لورنز در حوزه فرکانس ۹۹
۴-۴-۱-۳-۱-۳- متغیرهای حالت دینامیک چن در حوزه فرکانس ۱۰۰
۴-۴-۱-۳-۱-۴- متغیرهای حالت دینامیک چوا در حوزه فرکانس ۱۰۲
۴-۴-۱-۳-۱-۵- متغیرهای حالت دینامیک متحد در حوزه فرکانس ۱۰۳
۴-۴-۱-۳-۲- فشرده سازی سیگنال آشوبناک برای افزایش فرکانس آن ۱۰۶
۴-۴-۱-۳-۳- استفاده از مخابرههای نوری آشوبناک ۱۱۰
۴-۴-۲- برخی آنالیزهای متداول برای بررسی ضریب امنیت یک سیستم آشوبناک ۱۱۳
۴-۴-۲-۱- Key Analysis ۱۱۳
۴-۴-۲-۲- Autocorrelation Analysis ۱۱۳
۴-۴-۲-۲-۱- محاسبه تابع خود همبستگی بازای ضرایب مختلف فشرده سازی ۱۱۵
۴-۴-۲-۲-۱-۱- محاسبه تابع خود همبستگی با دینامیک لورنز ۱۱۵
۴-۴-۲-۲-۱-۲- محاسبه تابع خود همبستگی با دینامیک راسلر- لورنز ۱۱۷
۴-۴-۲-۲-۱-۳- محاسبه تابع خود همبستگی با دینامیک فوق آشوبناک ۱۱۹
۴-۴-۲-۳- VWK Method Analysis ۱۲۱
۴-۴-۳- برخی از راهکارها برای افزایش امنیت در مخابره امن مبتنی بر آشوب ۱۲۱

۴-۴-۳-۱- انتخاب ابعاد بزرگ برای کلید خصوصی ۱۲۱
۴-۴-۳-۲- کوتاه بودن سیگنال پیغام ۱۲۱
۴-۴-۳-۳- انتخاب دینامیک آشوبناک با ابعاد بزرگتر ۱۲۲
۴-۴-۳-۴- استفاده از سیستمهای آشوبناک با دینامیک پیچیدهتر ۱۲۲
۴-۴-۳-۵- استفاده از سیگنال درایور ضربه به جای سیگنال پیوسته ۱۲۳
۴-۴-۳-۶- استفاده از Multiplication Modulation ۱۲۳
۴-۴-۳-۷- افزایش Pseudo-Randomicity ۱۲۴
۴-۵- ارزیابی خطا در بازیابی سیگنال پیغام در مخابره دیجیتال ۱۲۴
۴-۵-۱- کانال دو مسیره با تاخیر نامعلوم و تضعیف معلوم ۱۲۴
۴-۵-۲- کانال دو مسیره با تاخیر نامعلوم و تضعیف نامعلوم ۱۲۵
۵- نتایج : بحث و بررسی و تحلیل دادهها ۱۲۹
۶- نتیجه گیری و پیشنهادها ۱۳۲
۷- مراجع ۱۳۴

فهرست شکل‌ها

عنوان و شماره صفحه

شکل ۲-۱ : سیستم IFF شامل ایستگاه زمینی و ترانسپوندر مستقر در هواپیما ۱۱

شکل ۲-۲ : نمودار الگوی دو آنتن ایستگاه زمینی و شکل مجموع سیگنالهای آنها ۱۹

شکل ۲-۳ : بلوک دیاگرام کلی یک ترانسپوندر ۲۲

شکل ۲-۴ : نمونه یک ایستگاه زمینی (IR) , آنتن AS-309 بر روی آنتن ASR-5 ..... ۲۷

شکل ۲-۵ : دیاگرام زمانی مدهای درخواست شناسایی ۲۹

شکل ۲-۶ : بلوک دیاگرام واحد IR ۳۰

شکل ۲-۷ : ساختار همزمانی master-slave برای دو سیستم آشوبناک ۴۵

شکل ۲-۸ : همزمان سازی با کنترل پیوسته ۴۷

شکل ۲-۹ :طرح همزمانی آشوبناک Feedback-Type ۵۰

شکل ۲-۱۰ : مثالی از همزمانی سیستم Non-Autonomous بر اساس Inverse System ... ۵۱

شکل ۲-۱۱ :مثالی از سیستم Coherent CSK ۵۶

شکل ۲-۱۲: ساختار یک سیستمCOOK ۵۷

شکل ۴-۱ :نمودار x(t) ۶۷

شکل ۴-۲ : نمودار y(t) ۶۸

شکل ۴-۳ : نمودار z-t ۶۸
شکل ۴-۴ : نمودار y-x ۶۹
شکل ۴-۵ : نمودار z-x ۶۹
شکل ۴-۶ : نمودار z-y ۷۰
شکل ۴-۷ : نمودار I1(t) ۷۰
شکل ۴-۸ : نمودار I1(t)+y(t) ۷۱
شکل ۴-۹ : نمودار I2(t) ۷۱
شکل ۴-۱۰ : نمودار error(t) ۷۲
شکل ۴-۱۱: بلوک دیاگرام ساده یک سیستم مخابراتی ۷۳
شکل ۴-۱۲ : نمودار خطای x_1-y_1 بازای g=100 ..... ۸۴
شکل ۴-۱۳ : نمودار خطای x_2-y_2 بازای g=100 ..... ۸۵
شکل ۴-۱۴ : نمودار خطای x_3-y_3 بازای g=100 ..... ۸۵
شکل ۴-۱۵ : تخمین $P_1(1)$ ، با مقدار واقعی P1(1)=10 ..... ۸۶
شکل ۴-۱۶ : تخمین $P_1(2)$ ، با مقدار واقعی P1(2)=50 ..... ۸۶
شکل ۴-۱۷ : تخمین $P_1(3)$ ، با مقدار واقعی P1(3)=8/3 ..... ۸۷
شکل ۴-۱۸ : نمودار X_{n+1}-X_n (نقاط قرمز) و Y_{n+1}-Y_n (ستارههای آبی) با $b = 0.6$ ۸۹
شکل ۴-۱۹ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستارههای آبی) با $b = 0.6$ ۹۰
شکل ۴-۲۰ : نمودار X_{n+1}-X_n (نقاط قرمز) و Y_{n+1}-Y_n (ستارههای آبی) با β=0.8 ..... ۹۰
شکل ۴-۲۱ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستارههای آبی) با β=0.8 ..... ۹۱
شکل ۴-۲۲ : نمودار X_{n+1}-X_n (نقاط قرمز) و Y_{n+1}-Y_n (ستارههای آبی) با β=0.9 ..... ۹۱
شکل ۴-۲۳ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستارههای آبی) با β=0.9 ..... ۹۱
شکل ۴-۲۴ : نمودار X_{n+1}-X_n (نقاط قرمز) و Y_{n+1}-Y_n (ستارههای آبی) با β=1 ..... ۹۲
شکل ۴-۲۵ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستارههای آبی) با β=1 ..... ۹۲

شکل ۴-۲۶ : نمودار X_{n+1}-X_n (نقاط قرمز) و Y_{n+1}-Y_n (ستارههای آبی) با $\beta=(1+\sin(10^9t))/2$ ۹۳
شکل ۴-۲۷ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستاره های آبی) با $\beta=(1+\sin(10^9t))/2$ ۹۳
شکل ۴-۲۸: نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستاره های آبی) با $b=(1+\sin(5*t))/2$. ۹۴
شکل ۴-۲۹ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستاره های آبی) با $b=(1+\sin(5*t))/2$ ۹۴
شکل ۴-۳۰ : نمودار X_{n+1}-X_n (نقاط قرمز) و Y_{n+1}-Y_n (ستاره های آبی) با $\beta=(1+\sin(10^9t).\sin(7\times10^6+2\pi/7))/2$ ۹۵
شکل ۴-۳۱ : نمودار C_n-D_n (نقاط قرمز) و A_n-B_n (ستارههای آبی) با $\beta=(1+\sin(10^9t).\sin(7\times10^6+2\pi/7))/2$ ۹۵
شکل ۴-۳۲ : طیف توان سیگنال آشوب متحد با $b=0.9$ ۹۷
شکل ۴-۳۳ : طیف توان سیگنال آشوب متحد با $b=(1+\sin(100t))/2$ ۹۷
شکل ۴-۳۴ : متغیرهای حالت دینامیک لورنز در حوزه زمان ۹۹
شکل ۴-۳۵ : متغیرهای حالت دینامیک لورنز در حوزه فرکانس ۱۰۰
شکل ۴-۳۶ : متغیرهای حالت دینامیک چن در حوزه زمان ۱۰۱
شکل ۴-۳۷ : متغیرهای حالت دینامیک چن در حوزه فرکانس ۱۰۱
شکل ۴-۳۸ : متغیرهای حالت دینامیک چوا در حوزه زمان ۱۰۲
شکل ۴-۳۹ : متغیرهای حالت دینامیک چوا در حوزه فرکانس ۱۰۳
شکل ۴-۴۰ : متغیرهای حالت دینامیک متحد در حوزه زمان با $\beta=0.9$ ۱۰۴
شکل ۴-۴۱ : متغیرهای حالت دینامیک متحد در حوزه فرکانس با $\beta=0.9$ ۱۰۴
شکل ۴-۴۲ : متغیرهای حالت دینامیک متحد در حوزه فرکانس با $\beta=(1+\sin(10^4t))/2$ ... ۱۰۵
شکل ۴-۴۳ : متغیرهای حالت دینامیک متحد در حوزه فرکانس با $\beta=(1+\sin(10^4t))/2$ ... ۱۰۵
شکل ۴-۴۴ : متغیرهای حالت دینامیک لورنز ۱۰۷
شکل ۴-۴۵ : متغیرهای حالت دینامیک لورنز که با ضریب ۱۰۰۰ فشرده سازی شده ۱۰۷
شکل ۴-۴۶ : سیگنال پیغام پالسی ۱۰۹

شکل ۴-۴۷ : سیگنال آشوب قبل از فشرده سازی ۱۰۹

شکل ۴-۴۸: سیگنال آشوب بعد از فشرده سازی با ضریب ۱۰۰۰ ..... ۱۱۰

شکل ۴-۴۹ : شماتیکهای Chaos Masking (a) و Chaos Shift Keying(b) و Chaos Modulation(c) در یک سیستم مخابره آشوبناک..... ۱۱۱

شکل ۴-۵۰: شماتیک Setup آزمایشگاهی سیستم های مخابره نوری آشوبناکی که Semiconductor Lasers With Optoelectronic Feedback را بکار می برند . که همچنین نحوه کد و دکد شدن پیغام را در سه حالت CSK, Chaos Shift Keying; CMS, Chaos Masking;ACM, Additive Chaos Modulation نشان می دهد. خطوط پیوسته ارتباطات الکترونیکی را نشان می دهد و خطوط نقطه چین ارتباطات نوری را. ;LD: Laser Diode . PD: Photodetector; A:Amplifier; $m(t)$: Message. ۱۱۱

شکل ۴-۵۱ : سریهای زمانی (ستون اول)، طیف توان،وPhase Portrait(ستون سوم) شکل موج های آشوبناک در سیستمهای مخابره نوری آشوبناک با فیدبک اپتوالکترونیک ، با و بدون یک پیغام کد شده. (a) تا (c) بدون پیغام. (d) تا (f) با پیغام در CSK . (g) تا (i) با پیغام در CMS .(j) تا (l) با پیغام در ACM .توان پیغام نرمالیزه شده برابر ۰.۷ است..... ۱۱۲

شکل ۴-۵۲ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=10 در دینامیک لورنز..... ۱۱۵

شکل ۴-۵۳ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=100 در دینامیک لورنز..... ۱۱۶

شکل ۴-۵۴ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=1000 در دینامیک لورنز..... ۱۱۶

شکل ۴-۵۵ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=100’000 در دینامیک لورنز..... ۱۱۷

شکل ۴-۵۶ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=1 در دینامیک راسلر- لورنز..... ۱۱۸

شکل ۴-۵۷ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=10 در دینامیک راسلر- لورنز..... ۱۱۸

شکل ۴-۵۸ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=1 در دینامیک فوق آشوبناک ۱۱۹
شکل ۴-۵۹ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=10 در دینامیک فوق آشوبناک ۱۲۰
شکل ۴-۶۰ : تابع خودهمبستگی سیگنال آشوبناک با ضریب فشرده سازی c=100 در دینامیک فوق آشوبناک ۱۲۰
شکل ۴-۶۱: زمانبندی سیگنال های سیستم پرسشگر در مد ۴ ..... ۱۲۷
شکل ۴-۶۲: زمانبندی سیگنال های سیستم پاسخگو در مد ۴ ..... ۱۲۷