

جنگ الکترونیک راداری

تألیف:

دکتر یاسر نوروزی

(عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

مهندس میثم لدغی

دانشگاه جامع امام حسین (ع)

مؤسسه چاپ و انتشارات

۶۰۰

سری برق - ۲۰

سرشناسه	: نوروزی، یاسر، ۱۳۵۹
عنوان و پدیدآور	: جنگ الکترونیک راداری / تألیف: یاسر نوروزی، میثم لطفی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه جامع امام حسین(ع) - مؤسسه چاپ و انتشارات، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: بیست و دو، ۳۰۹ ص.
فروست	: دانشگاه جامع امام حسین(ع)، مؤسسه چاپ و انتشارات، ۶۰۰، سری برق - ۲۰
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۵۲-۶۱۴-۵
وضعیت فهرست نویسی	: فیپا
موضوع	: الکترونیک در مهندسی نظامی (Electronics in military engineering)
موضوع	: مکتوب: الکترونیک در مهندسی نظامی - تاریخ (Electronics in military engineering - History)
موضوع	: رادار (Radar)
شناسه افزوده	: لطفی، یاسر، ۱۳۶۲
شناسه افزوده	: دانشگاه جامع امام حسین(ع) - مؤسسه چاپ و انتشارات.
رده بندی کنگره	: ۱۳۹۶ ج ۹ / ۱۸۵ / UG
رده بندی دیویی	: ۶۲۳ / ۰۴۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۰۰۳۰۶۹

کلیه حقوق اعم از چاپ و تکثیر، نسخه برداری، ترجمه و اقتباس برای دانشگاه جامع امام حسین(ع) محفوظ است.

- عنوان: جنگ الکترونیک راداری
- تألیف: دکتر یاسر نوروزی، مهندس میثم لطفی
- حروفچینی و صفحه آرایی: میثم لطفی
- ویرایش ادبی: سید محمدباقر موسوی
- ناظرین فنی چاپ: سید محمدباقر موسوی، مسعود یآوری
- نوبت چاپ: اول (فروردین ماه ۱۳۹۷)
- شمارگان: ۲۰۰ نسخه
- قیمت: ۳۱۰,۰۰۰ ریال
- نشانی: تهران، بزرگراه شهید بابایی، بعد از پل لشکرک، دانشگاه جامع امام حسین(ع)، معاونت پژوهش و فناوری، مؤسسه چاپ و انتشارات، تلفن: ۷۳۸۲۸۲۶۰ همراه: ۰۹۱۲۴۸۷۰۰۱۷ دورنگار: ۷۳۸۲۸۲۷۴
- مرکز پخش: تهران، میدان فردوسی، فروشگاه و نمایشگاه مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه جامع امام حسین(ع)، تلفن: ۸۸۸۳۹۲۹۷

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
	پیش‌گفتار (نوزده)
۱	فصل اول: اصول جنگ الکترونیک
۳	مقدمه
۴	۱- تاریخچه جنگ الکترونیک
۴	۱-۱- اولین گام‌ها
۴	۱-۲- تجربیات پیش از جنگ جهانی اول
۵	۱-۳- جنگ جهانی اول
۶	۱-۴- سال‌های منتهی به جنگ جهانی دوم
۸	۱-۵- سال‌های پس از جنگ جهانی دوم
۱۰	۱-۶- جنگ ویتنام ۱۹۶۴ تا ۱۹۷۳ (۱۳۴۳ تا ۱۳۵۲ ش)
۱۱	۱-۷- جنگ‌های اعراب و اسرائیل
۱۲	۱-۸- جنگ اول خلیج فارس
۱۴	۲- حوزه‌های مختلف جنگ الکترونیک

۱۹	فصل دوم: اصول مقدماتی رادار
۲۱	مقدمه
۲۱	۱- معادله رادار
۲۵	۲- تقسیم‌بندی انواع رادار
۲۸	۳- ساختار رادار
۳۱	۴- آشکارسازی سیگنال‌های رادار
۳۲	۱-۱- انواع خطای آشکارسازی
۳۲	۲-۴- آشکارسازهای ساده
۳۳	۲-۱- آشکارساز بیز
۳۵	۲-۴-۲- آشکارساز کمترین بیشینه
۳۵	۲-۴-۳- آشکارساز نیمن-پیرسون
۳۶	۲-۴-۳- آشکارسازهای ترکیبی
۳۶	۲-۴-۱- آشکارساز میانگین نسبت درست‌نمایی
۳۷	۲-۴-۳- آشکارساز نسبت درست‌نمایی رسعه‌یافته
۳۸	۲-۴-۳- آشکارسازهای بهینه محلی
۳۸	۲-۴-۴- آشکارسازهای بهینه خطی نازیب
۳۹	۲-۴-۵- آشکارسازهای بهینه تغییرناپذیر
۴۰	۲-۴-۶- آشکارساز با نرخ هشدار کاذب ثابت
۴۱	۲-۴-۷- آشکارسازهای غیر پارامتری
۴۲	۲-۴-۴- آشکارساز با تعداد نمونه ثابت و آشکارسازهای ترتیبی
۴۳	۲-۴-۵- روش انتخاب احتمال هشدار کاذب مناسب در رادار
۴۴	۵- مشخصات سیگنال‌های رادار
۴۵	۵-۱- نمایش باند پایه سیگنال
۴۶	۵-۲- فیلتر منطبق
۵۱	۵-۳- خروجی فیلتر منطبق برای سیگنال با جابجایی فرکانس داپلر

۵۲	۴-۵ تابع ابهام
۵۲	۵-۵ خواص تابع ابهام
۵۹	۶-۵ رابطه قدرت تفکیک در حوزه زمان و داپلر
۶۰	۷-۵ تابع ابهام چند سیگنال مهم
۶۷	۸-۵ دنباله‌ای از پالس‌ها و مفهوم تابع ابهام متناوب
۷۲	۹-۵ استفاده از ویژگی‌های تابع ابهام برای استخراج توانمندی رادار
۷۳	۶-۱ اوقات تراجیح در رادار
۷۳	۶-۱-۱ قدرت تفکیک در فاصله و پهنای باند متناظر
۷۴	۶-۲ محدودیت زمان جمع‌آوری سیگنال از هدف (زمان پردازش همدوس)
۷۵	۶-۳ محدودیت نرخ فشرده‌سازی
۷۶	۶-۴ محدودیت قدرت تفکیک‌پذیری داپلر
۷۷	۶-۵ چابکی بازویی تکرار پالس
۸۰	۶-۶ دقت اندازه‌گیری فاصله در ادار پالسی
۸۱	۶-۷ دقت اندازه‌گیری زاویه
۸۲	۶-۸ دقت اندازه‌گیری سرعت
۸۳	۶-۹ پردازش تجمیع پالس
۸۵	۷-۱ چند مسئله راداری
۹۷	فصل سوم: پشتیبانی الکترونیک
۹۹	مقدمه
۹۹	۱- جاسوسی الکترونیک
۱۰۲	۲- معادله برد الینت
۱۰۴	۳- ویژگی سامانه‌های شنود الینت
۱۰۴	۳-۱ پهنای باند تحلیل
۱۰۵	۳-۲ بازه پویایی

۱۰۷	۳-۳ حساسیت
۱۰۸	۴- روش‌های شناسایی تکنیک‌های جیمینگ
۱۰۸	۴-۱ طیف‌سنجی
۱۱۳	۴-۲ بررسی رفتار زمانی نویز دروازه‌ای
۱۱۶	۴-۳ بررسی پالس‌های فریب
۱۱۹	فصل چهارم گیرنده‌های جنگ الکترونیک
۱۲۱	مقدمه
۱۲۱	۱- انواع سامه‌های سنور سیگنال راداری
۱۲۲	۱-۱ الینت
۱۲۲	۱-۲ ای اس ام
۱۲۳	۱-۳ گیرنده‌های هشدار بود را ار
۱۲۳	۲- خواص مورد نیاز گیرنده‌های جنگ الکترونیک
۱۲۳	۲-۱ پهنای باند فرکانسی
۱۲۶	۲-۲ سطح حساسیت
۱۲۹	۲-۳ بازه پویایی
۱۳۱	۲-۴ تعداد پالس‌های دریافتی در واحد زمان
۱۳۲	۳- انواع گیرنده‌های جنگ الکترونیک
۱۳۲	۳-۱ آشکارساز پوش
۱۳۲	۳-۱-۱ حساسیت آشکارساز پوش
۱۳۵	۳-۲ سنجنده فرکانس لحظه‌ای
۱۳۶	۳-۲-۱ دقت گیرنده و ابهام فرکانسی
۱۳۸	۳-۲-۲ گیرنده DIFM تک‌بیت
۱۴۱	۳-۲-۳ سامانه IFM دیجیتال چندنرخ
۱۴۲	۳-۳ گیرنده سوپر هتروداین

۱۴۳	۱-۳-۳- سیگنال‌های تصویر
۱۴۴	۲-۳-۳- مدولاسیون‌های ناخواسته
۱۴۴	۳-۳-۳- سرعت جاروب کند
۱۴۵	۴-۳-۳- گیرنده‌های با جاروب فوق سریع
۱۴۸	۴-۳- گیرنده‌های صوتی-نوری
۱۵۰	۵-۳- گیرنده‌های کانالیزه
۱۵۱	۱-۵-۳- گیرنده کانالیزه دیجیتال
۱۵۸	۶-۳- مقایسه گیرنده‌های مختلف
۱۵۹	فصل پنجم: زاویه ورود، یکنال و مکانیابی اهداف
۱۶۱	مقدمه
۱۶۱	۱- روش‌های اندازه‌گیری زاویه ورود سیگنال
۱۶۱	۱-۱- روش بیشینه‌یابی
۱۶۳	۲-۱- روش مونوپالس
۱۶۵	۳-۱- روش مونوپالس فاز
۱۶۸	۴-۱- روش تداخل‌سنجی
۱۷۰	۲- روش‌های مکانیابی و تعیین موقعیت
۱۷۰	۱-۲- روش زاویه ورود سیگنال
۱۷۷	۲-۲- روش اختلاف زمان ورود سیگنال
۱۸۱	۳-۲- روش اختلاف فرکانس داپلر
۱۸۲	۴-۲- روش تک‌سایت سیگنال‌های HF
۱۸۵	فصل ششم: مسئله احتمال شنود و روش محاسبه
۱۸۷	مقدمه
۱۸۸	۱- عوامل محدودکننده احتمال شنود
۱۹۰	۲- روش‌های بررسی احتمال شنود

۱۹۰	۱-۲ - روش مبتنی بر پنجره‌های زمانی
۱۹۱	۲-۲ - روش مبتنی بر نظریه اعداد
۱۹۲	۳-۲ - روش مبتنی بر احتمال
۱۹۳	۲-۳-۱ - نقاط پیواسون
۲۰۰	۲-۳-۲ - بهینه‌سازی زمان پویش
۲۰۲	۳ - مسئله حساسیت و احتمال شنود
۲۰۴	۴ - مشاهده تعداد متوالی از پالس‌ها
۲۰۸	۵ - نتیجه‌گیری
۲۰۹	فصل هفتم: مروری بر اصول تخمین فیلتر کالمن
۲۱۱	مقدمه
۲۱۲	۱- اصول تخمین
۲۱۳	۱-۱ - تخمین حداقل واریانس ناآرامی
۲۱۶	۱-۲ - تخمین بیشترین احتمال
۲۱۷	۱-۳ - بهترین تخمین خطی بدون بایاس
۲۱۷	۱-۴ - تخمین حداقل مربعات
۲۱۹	۱-۵ - حداقل میانگین مربعات خطا
۲۱۹	۲ - ساختار فرایند رهگیری
۲۲۰	۲-۱ - پیش‌پردازش
۲۲۰	۲-۲ - تخصیص اطلاعات
۲۲۳	۲-۳ - به‌روز کردن رهگیری
۲۲۴	۲-۴ - تشکیل رهگیری جدید و نگهداری آن
۲۲۴	۲-۵ - تشکیل پنجره رهگیری و کنترل سامانه راداری
۲۲۴	۳ - فیلتر کالمن
۲۲۷	۳-۱ - خواص فیلتر کالمن

۲۲۸	۳-۲- واگرایی فیلتر کالمن
۲۲۹	۴- رهگیری و مدل سازی اهداف
۲۲۹	۴-۱- مدل حرکت یک بعدی با سرعت ثابت
۲۳۱	۴-۲- مدل حرکت یک بعدی با شتاب ثابت
۲۳۲	۴-۳- مدل حرکت دوبعدی با سرعت ثابت
۲۳۴	۵- فیلتر آلفا-بتا
۲۳۵	۱- محاسبه ضرایب
۲۳۶	۶- فیلتر کالمن تعمیم یافته
۲۳۶	۶-۱- دیلتر کالمن خطی شده
۲۳۸	۶-۲- فیلتر کالمن تعمیم یافته گسسته در زمان
۲۴۱	فصل هشتم: حمله الکترونیکی
۲۴۳	مقدمه
۲۴۳	۱- اخلاف
۲۴۴	۱-۱- انواع اخلاف
۲۴۵	۱-۲- نسبت اخلاف به سیگنال
۲۴۷	۱-۳- فاصله یا پدیده سوختن
۲۴۹	۲- انواع اخلاف پوششی یا نویزی
۲۵۰	۲-۱- نویز نقطه ای
۲۵۲	۲-۲- نویز رگباری
۲۵۳	۲-۳- نویز پنجره ای
۲۵۳	۲-۴- نویز جاروب شونده
۲۵۴	۳- اخلاف فریب
۲۵۴	۳-۱- روش بیرون کشیدن دروازه فاصله
۲۵۶	۳-۲- روش داخل کشیدن دروازه فاصله

۲۵۶	۳-۳- ربابش پنجره سرعت
۲۵۷	۳-۴- اخلال کنترل خودکار بهره
۲۵۸	۴- روش های فریب رادار تک پالس
۲۵۹	۴-۱- اخلال همکار (یا مشارکتی)
۲۶۰	۴-۲- اخلال چشمک زن
۲۶۰	۴-۱- انعکاس زمین
۲۶۱	۴-۴- اخلال کناره
۲۶۲	۴-۵- اخلاص با قطبش متقاطع
۲۶۳	۴-۶- اخلاص با قطبش متقاطع (لوچ)
۲۶۸	۵- استفاده از خاشاک
۲۶۹	۶- استفاده از طعمه
۲۷۰	۷- سامانه حافظه مستقیم رادیویی
۲۷۱	فصل نهم: دفاع الکترونیک
۲۷۳	مقدمه
۲۷۳	۱- ملاحظات کلی در طراحی سامانه های راداری
۲۷۳	۱-۱- مخفی نگه داشتن رادار از دید دشمن
۲۷۵	۱-۲- کار در محدوده های فرکانسی شلوغ
۲۷۶	۱-۳- تغییرات متوالی و شبه تصادفی سیگنال ارسالی
۲۷۶	۱-۴- پرش فرکانسی
۲۷۶	۱-۵- استفاده از فیلترهایی که حداقل طیف مورد نیاز را عبور می دهند
۲۷۷	۱-۶- بازه پویایی وسیع گیرنده راداری
۲۷۷	۱-۷- مقاومت در برابر توان های لحظه ای بسیار بزرگ
۲۷۸	۲- مقابله با نویزهای باند باریک
۲۷۸	۲-۱- استفاده از پرش فرکانسی

- ۲-۲ - استفاده از بهره پردازشی ۲۷۸
- ۲-۳ - استفاده از فیلترینگ فضایی ۲۸۰
- ۳ - مقابله با نویز رگباری ۲۸۰
- ۳-۱ - استفاده از پدیده سوختن ۲۸۱
- ۳-۲ - استفاده از ردگیری غیرفعال ۲۸۳
- ۴ - مقابله با نویز جاروب شونده ۲۸۳
- ۴-۱ - آتشکارساز جمع غیرهمدوس ۲۸۴
- ۴-۲ - آتشکارساز K از M ۲۸۵
- ۵ - مقابله با ریبیس بهره فاصله به جلو ۲۸۶
- ۶ - مقابله با ریبیس پنجه فاصله به عقب ۲۸۷
- ۶-۱ - اشکال دهی میج‌هایی با لوب‌های جانبی کوچک ۲۸۸
- ۶-۲ - استفاده از گریدها با بازه پویایی بزرگ ۲۸۹
- ۶-۳ - استفاده از آتشکارسازی با حذف سیگنال‌های تداخلی ۲۹۰
- ۷ - مقابله با ریبیس پنجره سرعت ۲۹۰
- ۸ - مقابله با قطبش متقاطع ۲۹۱
- ۸-۱ - استفاده از آنتن‌هایی با نسبت محاسباتی خوبی بزرگ ۲۹۳
- ۸-۲ - استفاده از آنتن‌هایی با عملکرد مناسب در هر دو قطبش ۲۹۳
- ۸-۳ - استفاده از دو آنتن با دو قطبش متقاطع ۲۹۴
- ۸-۴ - استفاده از زاویه‌سنجی در لبه پالس دریافتی ۲۹۴
- ۹ - مقابله با چشم متقاطع ۲۹۵
- ۱۰ - مقابله با اختلال گر دامنی ۲۹۷
- ۱۰-۱ - استفاده از فیلترهایی با باند انتقال کوتاه ۲۹۸
- ۱۰-۲ - استفاده از فیلتر دیجیتال ۲۹۸
- ۱۱ - مقابله با طعمه ۲۹۸
- ۱۲ - مقابله با خاشاک ۲۹۹

۱۳- مقابله با بازتاب از زمین ۳۰۰

کتابنامه ۳۰۳

www.ketab.ir

پیش‌گفتار

یکی از واقعیت‌های تلخ تاریخ بشری، وقوع جنگ‌های متعدد می‌باشد. انسان‌ها در طول تاریخ بارها با یکدیگر وارد جنگ شده‌اند و با احتساب جنگ‌های کوچک و بزرگ، نمی‌توان سالی را در تاریخ ثبت شده جهان به یاد آورد که در گوشه‌ای از جهان جنگی نبوده باشد. جنگ‌ها در طول زمان دچار تحولات زیادی شده‌اند. این تحولات، گاه در تاکتیک نبرد و گاه در ابزارها و گاه در هر دوی آن‌ها بوده است. با این وجود، انقلاب صنعتی تحول بسیار عظیمی را در جنگ‌ها پدید آورد و جنگ‌های جدیدی را ایجاد کرد که در نیمه اول قرن بیستم پدید آمدند با جنگ‌های یک قرن قبل از آن از جهات فراوانی متفاوت بودند.

در تمامی جنگ‌ها اطلاع از امکانات و اذکات دشمن، یک عنصر بسیار کلیدی بوده است. با این حال، در طول قرن بیستم با گسترش مهندسی و به خصوص مخابرات، دریافت اطلاعات از دشمن دچار تحولات شگرفی شده است. در طول جنگ جهانی دوم، استفاده از رادارها برای شناسایی هواپیماهای دشمن اهمیت بسیار زیادی یافت. علاوه بر این، استفاده از بی‌سیم برای ارتباط رده‌های مختلف فرماندهی، نحوه مدیریت نبرد را بسیار متحول نمود. در طول دوران جنگ سرد، دو قدرت بزرگ نظامی به شدت به توسعه تکنولوژی نظامی خود روی آوردند. در این دوران، اطلاع از ماهیت اقدامات طرف مقابل، اهمیت بسیار زیادی داشت و همین مسئله باعث توسعه سامانه‌های شنود سیگنال توسط هر دو قدرت جهانی گردید.

اگرچه در طول قرن بیستم میلادی، در جنگ‌های متعددی اهمیت اقدامات جنگ الکترونیک تا حدود زیادی روشن شده بود، ولی بارزترین جلوه اهمیت جنگ الکترونیک، در طول دو جنگ اول و دوم خلیج فارس مشخص شد. در این جنگ‌ها ارتش عراق که تخمین زده می‌شد پنجمین ارتش قدرتمند جهان باشد به آسانی و در مدتی کوتاه توسط نیروهای چند ملیتی به سرکردگی ایالات متحده آمریکا از پای درآمد. اهمیت جنگ الکترونیک در جنگ دوم خلیج فارس بارزتر

است. در این نبرد، آمریکایی‌ها در اولین گام رادارهای برد بلند عراق را توسط موشک‌های ضد تابش منهدم کردند. پس از این مرحله، ورود جنگنده‌ها به خاک عراق آغاز گردید. در این جنگ، آمریکایی‌ها از یک مدیریت متمرکز برای شناسایی نقاط مهم نظامی و هدایت جنگنده‌ها به سمت این نقاط استفاده می‌کردند. علاوه بر این، همزمان رادارهای عراقی توسط جمرهای پر قدرت کور شده یا توسط موشک‌های ضد تابش منهدم می‌گردیدند. همچنین استفاده از سلاح‌های لیزری یا هدایت شش، توسط جی پی اس، دقت اصابت را بسیار بالا برده و به سرعت زیرساخت‌های مهم عراق نابود گردیدند. در مقابل، در ارتش عراق با انهدام زیرساخت‌های مخابراتی، نه فرماندهان ارشد از وضع نبرد باخبر شدند و نه نیروها می‌توانستند از تصمیمات فرماندهان مطلع شوند. در موارد متعددی، سرباهای عراقی از گروه خود (به علت عدم دسترسی به ابزارهای ناوبری) روزهای متمادی در بیابان‌های عراق گم‌گشته می‌ماندند. در مجموع بنابر نظر [۱]، جنگ‌های اول و دوم خلیج فارس نشان داد که دوران جنگ‌های سنتی به سرآمده است و در جنگ‌های آینده، طرفی می‌تواند برنده باشد که به شکا، موری و حوزه‌های مختلف جنگ الکترونیک توانمند باشد. باید توجه داشت که برای موفقیت سرباهای آنها در اختیار داشتن ابزارهای پیشرفته کافی نیست. بنابر نقل [۲] در جنگ تحمیلی عراق بر علیه ایران، هر دو طرف به ابزارهای پیشرفته‌ای مجهز بودند. ایران از آغاز نبرد و عراق از سال دوم به بعد، تجهیزات پیشرفته‌ای مجهز بودند. با این حال عدم در اختیار داشتن تکنولوژی، باعث شد که هیچ‌یک از طرفین نتواند از این تجهیزات پیشرفته خود در حد قابل قبولی استفاده کند و جنگ با ترقی، خوبی در سبک جنگ‌های سنتی پیش‌رفت. مرجع [۳] با استدلال‌های مشابهی نتیجه‌گیری می‌کند که گاه در اختیار داشتن سلاح‌های پیشرفته، به یک دردسر برای صاحبان آن بدل می‌شود. بنابر آنچه تا اینجا گفتیم به وضوح به نظر می‌رسد که برای اینکه بتوانیم به نحو موثری در پاسداری از مرزهای میهن عزیزمان موفق باشیم، لازم است که در حوزه‌های جنگ الکترونیک تا آنجا که در توان داریم خود را قدرتمند سازیم.^۱ خوشبختانه در سال‌های اخیر، تحولات عمده‌ای در حوزه جنگ الکترونیک در کشور صورت پذیرفته است و به جرات می‌توان گفت که امروز ایران جزء کشورهای قدرتمند و البته مستقل این حوزه می‌باشد. در این سال‌ها چندین کتاب در حوزه‌های مختلف جنگ الکترونیک توسط اساتید به نام به زبان فارسی تالیف یا ترجمه شده است. با این

۱. مقام معظم رهبری در دیدارهای مختلف با رده‌های مختلف نظامی بارها بر روی این مسئله تاکید نموده‌اند.

حال به نظر می‌رسد جای یک مرجع تکمیلی برای پوشش عمیق‌تر برخی موضوعات لازم بوده است. بنابراین، ما بر آن شدیم که در این کتاب برخی مسائل خاص در حوزه جنگ الکترونیک را با تفصیل بیشتری توضیح دهیم.

مطالعه این کتاب برای خوانندگانی که آشنایی اولیه با رادار و جنگ الکترونیک ندارند توصیه نمی‌شود؛ زیرا بسیاری از مطالب در واقع ادامه بحث‌های پایه‌ای در این حوزه است. خواننده علاقمند می‌تواند پس از مطالعه کتاب [۴] در حوزه رادار و کتاب [۵] در حوزه جنگ الکترونیک، به مطالعه کتاب حاضر بپردازد. امیدواریم که این نوشتار بتواند در پیشرفت روزافزون میهن اسلامی ن‌ت‌یق یابد. بسیار خوشحال خواهیم شد که از نظرات ارزشمند خوانندگان محترم مطلع گریم.

یاسر نوروزی^۱، میثم لطفی^۲
بهار ۱۳۹۶

1. y.norouzi@aut.ac.ir
2. meysam.lotfi@chmail.ir