بسم الله الرحمن الرحیم

عنوان: بهینه سازی در پردازش تصویر

چکیده پایان‌نامه : در این رساله، بهینه‌سازی در پردازش تصویر دیجیتال را با کاربرد آن در رفع تاری تصویر شرح می‌دهیم. فرآیند تاری تصویر دیجیتال معمولا به‌صورت یک دستگاه معادلات خطی مدل می‌شود که در آن ماتریس ضرایب، که به ماتریس تاری معروف است، یک ماتریس مقیاس بزرگ و بدحالت می‌باشد و از این‌رو به‌کارگیری روش‌های مستقیم حل دستگاه برای بازیابی تصویر نه تنها پرهزینه است بلکه به‌دلیل تاثیرات زیاد نویز، منجر به جواب‌های قابل‌قبولی نمی‌شوند.

روش‌های بهینه‌سازی در پردازش تصویر می‌توانند انواع مختلفی از تکنیک‌های منتظم‌سازی و شرایط‌مرزی را در خود جای دهند و همچنین محدودیت‌های اضافی همانند نامنفی‌بودن را دربرگیرند که معمولا جواب‌های قابل‌قبول‌تری را تولید می کنند. همچنین هزینه‌های محاسباتی این روش‌ها هم چندان زیاد نیست. در این پایان‌نامه برخی از روش‌های بهینه‌سازی برای پردازش‌تصویر مطالعه شده و پس از پیاده‌سازی در نرم‌افزارمتلب از نظر کارایی با هم مقایسه شده‌اند.

واژگان کلیدی: پردازش تصویر دیجیتال، رفع تاری، روش‌های بهینه‌سازی، تکنیک‌های منتظم‌سازی

فهرست مطالب

ث

فهرست شکل‌ها ت

فهرست جدول‌ها ج

پیش‌گفتار ۱

۱ آشنایی با مفاهیم پردازش تصویر دیجیتال ۴

۱.۱ مقدمه ۴

۲.۱ مفاهیم ۵

۳.۱ دستکاری تصاویر در متلب ۸

۱.۳.۱ خواندن، نمایش و نوشتن تصاویر ۱۰

۲.۳.۱ انجام محاسبات برروی تصاویر ۱۳

۳.۳.۱ نمایش و نگاشتن مجدد ۱۴

۲ مساله رفع تاری تصویر دیجیتال ۱۷

۱.۲ مقدمه ۱۷

۲.۲ بیان مساله ۱۸

۳.۲ تابع تاری تصویر ۲۲

۱.۳.۲ ماتریس تاری ۲۳

۲.۳.۲ به‌دست آوردن (PSF) ۲۵

۳.۳.۲ نویز ۲۸
۴.۳.۲ شرایط مرزی ۲۹
۴.۲ انواع مدل های تاری ۳۳
۱.۴.۲ تاری تغییر ناپذیر در فضا ۳۴
۲.۴.۲ تاری موضعی تغییر ناپذیر در فضا ۳۵
۳.۴.۲ تاری تغییرپذیر در فضا تنک ۳۶
۴.۴.۲ تاری تفکیک‌پذیر ۳۶
۵.۴.۲ تاری گاووسی تغییر ناپذیر در فضا ۳۷
۶.۴.۲ تاری گاووسی تغییرپذیر در فضا ۳۹
۷.۴.۲ تاری حرکت تغییرپذیر در فضا ۴۲

۳ روش‌های تکراری برای رفع تاری تصویر دیجیتال ۴۷
۱.۳ مقدمه ۴۷
۲.۳ فرم کلی یک روش تکراری ۴۹
۱.۲.۳ منتظم‌سازی ۴۹
۲.۲.۳ روش های منتظم سازی برای رفع تاری تصویر ۴۹
۳.۲.۳ کاربرد تجزیه مقدار تکین برشی ۵۴
۴.۲.۳ ساختارهای ماتریس و ضرب‌های برداری ماتریسی ۵۶
۳.۳ روش های تکراری ۵۷
۱.۳.۳ تکرار ریچاردسون ۵۸
۲.۳.۳ روش تندترین شیب ۶۱
۳.۳.۳ روش گرادیان مزدوج ۶۳
۴.۳ نتایج عددی ۶۶
۱.۴.۳ رفع تاری برای الگوی اول ۶۷
۲.۴.۳ رفع تاری برای الگوی دوم ۷۱
۳.۴.۳ رفع تاری برای الگوی سوم ۷۴
۴.۴.۳ رفع تاری برای الگوی چهارم ۷۷
۵.۴.۳ تحلیل نتایج ۷۹
۵.۳ نتیجه گیری ۸۰

آ کد $MATLAB$ برای رفع تاری تصویر دیجیتال ۸۲
آ.۱ فراخوانی تصویر دیجیتال ۸۲
آ.۲ فراخوانی نسخه تاری تصویر ۸۵
آ.۳ روش تکراری ریچاردسون ۹۷
آ.۴ روش تکراری تندترین شیب ۹۸
آ.۵ روش تکراری $LSQR$ مبتنی بر GKB ۹۹

مراجع ۱۰۳

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۰۵

واژه‌نامه فارسی به انگلیسی ۱۰۸

فهرست شکل‌ها

۱.۱ پردازش سیگنال دیجیتال ۵
۲.۱ تصاویر ایجادشده توسط نمایش آرایه های اعداد ۶
۳.۱ نحوه نمایش تصاویر در متلب ۱۱
۴.۱ مقایسه فراخوانی دستورات متلب ۱۲
۵.۱ فراخوانی تصویر کدوحلوایی با دقت مضاعف ۱۵

۱.۲ تصویر واضح (چپ)و تصویر تارشده‌ی متناظر (راست) ۱۹
۲.۲ اولین تلاش برای رفع تاری ۲۱
۳.۲ یک پیکسل روشن مجزا را مبدأ نقطه می‌نامیم (چپ) مبدأ نقطه تار را تابع پخش نقطه‌ای می‌نامیم (راست). ۲۴
۴.۲ تصاویر بالا؛ تصاویر تار یک پیکسل مجزا (چپ) ، و بزرگ‌نمایی روی نقطه‌ی تاری (راست)، تصاویر پایین؛ دو تصویر تار از پیکسل‌های مجزا در نزدیکی لبه‌های تصویر ۲۵
۵.۲ نمونه‌ای از چهار حالت برای آرایه‌ی (PSF) ۲۶
۶.۲ PSF (از لبه‌ها پخش می‌شود) در مرز تصویر (خطوط زرد) ، بنابراین مقادیر زمینه در خارج تصویر بر آن‌چه در تصویر ثبت می‌شود تأثیر می‌گذارد. ۳۰
۷.۲ PSF برای تاری تغییرپذیر در فضا ۳۵
۸.۲ مثالی برای PSF گاووسی ۳۸
۹.۲ مثالی از تصویر تار با کاربرد PSF گاووسی نشادن داده شده در شکل (۸.۲) ۳۹
۱۰.۲ تصاویر تار گاووسی تغییرپذیر در فضا مبدأهای نقطه در ناحیه‌های متفاوت دامنه‌ی تصویر ۴۱
۱۱.۲ مثال تصویر تار با کاربرد PSF گاووسی تغییرپذیر در فضا نشان داده شده در شکل (۱۰.۲) ۴۱
۱۲.۲ تصویرسازی درون‌یابی ۴۳

۱۳.۲ الگوی تنک بودن ماتریس K برای مقادیر متفاوت حرکت شیء ۴۶
۱۴.۲ مثالی از تصاویر تاری حرکت با کاربرد ماتریس‌های تاری نشان داده شده در شکل (۱۳.۲) ۴۶

۱.۳ تصاویر نمایش داده شده توسط بازیابی فرکانس بردارهای تکین $mn \times 1$ ، v_i به آرایه‌های $m \times n$ به‌دست آمده است. ۵۴
۲.۳ بازیابی f_k به‌دست آمده برای تاری شکل ۱.۲ (با کاربرد $k = 800$) ۵۵
۳.۳ الگوریتم روش تکراری ریچاردسون ۶۱
۴.۳ الگوریتم روش تکراری تندترین شیب ۶۲
۵.۳ الگوریتم تکراری دوقطری سازی گلوب کاهان ۶۴
۶.۳ تصویر دیجیتال ثبت شده برای اجرای روش های تکراری ۶۷
۷.۳ اجرای روش تکراری ریچاردسون در نرم افزار متلب ۶۸
۸.۳ رفع تاری روش تکراری ریچاردسون در تکرار 16000 ام ۶۸
۹.۳ اجرای روش تکراری تندترین شیب در نرم افزار متلب ۶۹
۱۰.۳ رفع تاری با روش تکراری تندترین شیب در تکرار 13000 ام ۶۹
۱۱.۳ اجرای روش تکراری گرادیان مزدوج در نرم افزار متلب ۷۰
۱۲.۳ رفع تاری با روش تکراری گرادیان مزدوج در تکرار 1032 ام ۷۰
۱۳.۳ تصویر دیجیتال ثبت شده برای اجرای روش های تکراری ۷۱
۱۴.۳ رفع تاری با روش تکراری ریچاردسون در تکرار 8000 ام ۷۲
۱۵.۳ رفع تاری با روش تکراری تندترین شیب در تکرار 6000 ام ۷۲
۱۶.۳ رفع تاری با روش تکراری گرادیان مزدوج در تکرار 1096 ام ۷۳
۱۷.۳ تصویر دیجیتال ثبت شده برای اجرای روش های تکراری ۷۴
۱۸.۳ رفع تاری روش تکراری ریچاردسون در تکرار 8000 ام ۷۴
۱۹.۳ رفع تاری با روش تکراری تندترین شیب در تکرار 8000 ام ۷۵
۲۰.۳ رفع تاری با روش تکراری تندترین شیب در تکرار 1463 ام ۷۶
۲۱.۳ تصویر دیجیتال ثبت شده برای اجرای روش های تکراری ۷۷
۲۲.۳ رفع تاری روش تکراری ریچاردسون در تکرار 12000 ام ۷۷
۲۳.۳ رفع تاری با روش تکراری تندترین شیب در تکرار 9000 ام ۷۸
۲۴.۳ رفع تاری با روش تکراری گرادیان مزدوج در تکرار 2298 ام ۷۸

فهرست جدول‌ها

۱.۱ دستورات متلب برای پردازش تصاویر ۹

۱.۳ نتایج عددی حاصل از پیاده‌سازی روش‌های تکراری روی ماتریس تصادفی برای الگوی اول ۸۰
۲.۳ نتایج عددی حاصل از پیاده‌سازی روش‌های تکراری روی ماتریس تصادفی برای الگوی دوم ۸۰
۳.۳ نتایج عددی حاصل از پیاده‌سازی روش‌های تکراری روی ماتریس تصادفی برای الگوی سوم ۸۰
۴.۳ نتایج عددی حاصل از پیاده‌سازی روش‌های تکراری روی ماتریس تصادفی برای الگوی چهارم ۸۰

پیش‌گفتار

انجام برخی از عملیات بر روی یک تصویر، یا استخراج اطلاعات مفید از تصویر را پردازش تصویر گویند. تکنیک‌های پردازش تصویر به‌تغییر و یا بهبود تصاویر دیجیتال کمک می‌کنند. پردازش تصویر به‌عنوان ابزاری برای ترجمه بین سیستم بینایی انسان و دستگاه‌های تصویربرداری دیجیتال تعریف می‌شود.

تصاویر به‌دست آمده توسط ماهواره‌ها در ردیابی منابع زمین، نقشه‌برداری جغرافیایی و پیش‌بینی اوضاع محصولات کشاورزی، جمعیت شهری، پیش‌بینی هواشناسی، کنترل سیل و آتش سوزی مفید هستند. برنامه‌های تصویربرداری فضا شامل شناسایی و تجزیه و تحلیل اشیاء موجود در تصاویر به‌دست آمده از مأموریت‌های کاوشگرهای فضایی است. همچنین کاربردهای پزشکی مانند پردازش اشعه‌ایکس، اسکن اولتراسونیک، میکروگراف الکترونی، تصویربرداری با رزونانس مغناطیسی، رزونانس مغناطیسی هسته‌ای و... جزو موارد اهمیت پردازش تصویر هستند.

پردازش تصویر دیجیتال دانش جدیدی است که سابقه‌ی آن به پس از اختراع رایانه های دیجیتال باز می‌گردد، بسیاری از تکنیک‌های پردازش تصویر دیجیتال، یا پردازش تصویر آنالوگ که این‌گونه نامیده می‌شد، در دهه‌ی 1960 آزمایشگاه جت پروپاژن آمریکایی، موسسه فناوری ماساچوست، آزمایشگاه‌های بل دانشگاه مریلند و چند موسسه تحقیقاتی دیگر برای کاربردهای تصویربرداری ماهواره‌ها، تصویربرداری پزشکی و فیلم‌برداری توسعه داده شده‌اند.

هدف از پردازش اولیه‌ی تصویر، بهبود کیفیت تصویر آنالوگ بود. اولین کاربرد این روش موفقیت آمیز در آزمایشگاه جت پروپاژن آمریکایی (JPU) انجام شد، آن‌ها برای هزاران تصویر آنالوگ که در سال 1964 با توجه به موقعیت خورشید و ماه گرفته شده بود، از تکنیک های پردازش تصویر دیجیتال مانند تصحیح هندسی، تغییر درجه بندی، حذف نویز استفاده کردند که نتایج آن نقشه‌برداری و عکاسی خارق‌العاده از ماه توسط فضاپیما، مقدمات فرود انسان به ماه را منجر شد [۲].

در دهه 1970 با دسترسی به رایانه های نسل سوم دیجیتال پردازش تصویر دیجیتال گسترش یافت. تحول مهم در فناوری فشرده‌سازی دیجیتالی توسط احمد نصیر در سال 1972 پیشنهاد شد. گرفتن یک عکس خوب نیازمند به نورپردازی ، زاویه مناسب و نداشتن لرزش دستگاه ضبط کننده تصویر و عوامل محیطی مناسب می‌باشد. در

صورت عدم برقرای هریک از این شرایط ممکن است تصویر گرفته‌شده، به‌اصطلاح تار شود. به‌عبارت دیگر تاری یکی از خرابی‌های متداول در تصاویر است. این خرابی به‌دلیل سرریز اطلاعات یک پیکسل در پیکسل‌های هم‌جوار آن ایجـاد می‌شود. در این پایان‌نامه به طور خاص بر روی روش‌های بهینه‌سازی برای رفع تاری یک تصویر دیجیتال متمرکز خواهیم شد.

فصل اول این پایان‌نامه به بیان مفاهیم مقدماتی و پایه پردازش تصویر دیجیتال اختصاص داده شده است. در این فصل ابتدا مفهوم تصویر دیجیتال و نحوه‌ی تبدیل یک تصویر به آرایه‌ای از اعداد و ذخیره سازی آن در کامپیوتر و سپس برخی از دستورات ابتدایی شامل فراخوانی، نمایش تصویردیجیتال و انجام محاسبات روی آن در نرم‌افزار متلب بیان شده است.

در فصل دوم به بیان فرم کلی مساله رفع تاری یک تصویر دیجیتال یعنی نحوه‌ی مدل‌سازی فرآیند تاری و همچنین چالش‌های موجود برای حل مساله متناظر آن پرداخته شده است. در این فصل مشاهده خواهیم کرد، که فرایند تاری یک تصویر دیجیتال را می‌توان به صورت یک دستگاه معادلات خطی $g = Kf + \eta$ فرموله کرد که در آن g تصویر تار دریافتی، f تصویر اصلی، η نویزافزودنی و K ماتریس تاری است.

همچنین جزییات نحوه‌ی ساخت تابع تاری تصویر دیجیتال بیان می‌شود. در این فصل انواع مدل‌های مختلف تاری و هچنین نحوه ساخت ماتریس‌های تاری مرتبط به هر یک بیان شده است.

سرانجام در فصل سوم این پایان‌نامه برخی از روش‌های بهینه‌سازی برای حل مساله‌ی رفع تاری تصویر دیجیتال بیان شده است. این روش‌ها با توجه به ماهیت مساله که معمولا یک مساله مقیاس بزرگ است طراحی شده‌اند. همه‌ی روش‌های بیان‌شده در این فصل در نرم‌افزار متلب پیاده‌سازی شده و برای رفع تاری نمونه‌هایی از تصاویر مختلف به‌کار گرفته شده‌اند.

منابع اصلی این پایان نامه [۱۷] ، [۱۲]، [۹] هستند.

فصل ۱

آشنایی با مفاهیم پردازش تصویر دیجیتال

۱.۱ مقدمه

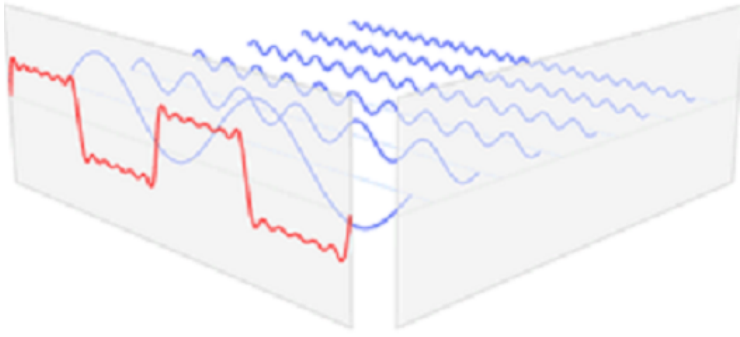
پردازش تصویر امروزه بیشتر به موضوع پردازش تصویر دیجیتال گفته می‌شود که زیرشاخه‌ای از دانش رایانه است که با پردازش سیگنال دیجیتال(DSP)[۲] که نماینده‌ی تصاویر برداشته‌شده توسط دوربین‌های دیجیتال یا پویش‌شده توسط پویشگرها هستند، سروکار دارد.

زیرمجموعه‌های پردازش سیگنال دیجیتال، پردازش سیگنال گسسته و پردازش سیگنال پیوسته هستند، هدف DSP، به‌طور معمول اندازه‌گیری، فیلتر و فشرده‌سازی سیگنال‌های گسسته(آنالوگ) دنیای واقعی است.

بنابراین DSP که تاکید آن بر روی سیگنال‌های دوبعدی است، می‌توان آن‌را به فرم تصویر نشان داد. یک تصویر یک سیگنالی است که حاوی یک پیام است ویک پیام می‌تواند نشان‌دهنده‌ی عددی، پلاک خودرویی، نوشته‌ای یا منظره‌ای باشد که با یک آرایه دوبعدی می‌توان آن را نمایش داد. در DSP، معمولا به بررسی و پردازش سیگنال در یکی از سه حوزه‌ی زمان (سیگنال‌های یک بعدی)و مکان (سیگنال‌های چندبعدی) ، فرکانس پرداخته می‌شود. برای پردازش این سیگنال‌ها،حوزه‌ای انتخاب می‌شودکه در آن بتوان ویژگی‌های اصلی سیگنال را به بهترین شکل ممکن نمایش داد و با استفاده از اطلاعات حاضر، به بهترین صورت، سیگنال پردازش خواهد شد.

نمونه‌هایی که از نمونه‌برداری یک سیگنال به‌دست آورده شده است، در واقع نمایشی از سیگنال در حوزه زمان و مکان است، در حالی که با تبدیل فوریه (گسسته)، سیگنال در حوزه فرکانس (طیف فرکانسی سیگنال)

[۲] Digital signal processing



شکل ۱.۱: پردازش سیگنال دیجیتال

نمایش داده خواهد شد.

به عبارت دیگر کوانتیزه کردن تصویر دیجیتال یعنی، یک تصویر دیجیتال یا سیگنال پیوسته را برای این‌که بتوانیم در کامپیوتر ذخیره‌سازی کنیم باید آن‌را با یک دقتی گسسته کنیم.

برای درک بیشتر در این فصل به مفاهیم پردازش تصویر دیجیتال خواهیم پرداخت و در ادامه با دستکاری تصویر در متلب آشنا خواهیم شد [۹].

۲.۱ مفاهیم

یک تصویر دیجیتالی از عناصر تصویری به‌نام پیکسل تشکیل شده است. به هر پیکسل، یک شدت به منظور مشخص کردن رنگ یک بخش مستطیل شکل کوچک، اختصاص داده شده است.

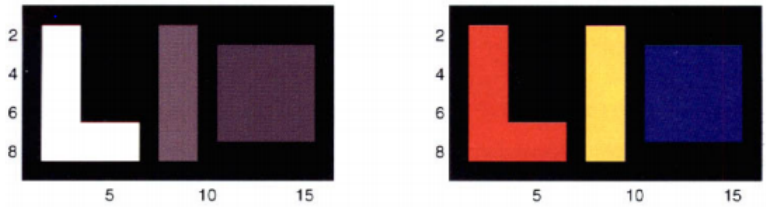
یک تصویر کوچک به‌طور معمول حدود $256^2 = 65536$ پیکسل است در حالی که تصویر با وضوح بالا اغلب دارای 5 تا 10 میلیون پیکسل است.

چگونه تصاویر، به آرایه‌ای از اعداد تبدیل می‌شوند؟

برای نمایش تصاویر به‌عنوان آرایه‌ای از اعداد برای پردازش تصاویر، کاربرد تکنیک‌های ریاضی بسیار بااهمیت است. آرایه 16×9 زیر را در نظر بگیرید:

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 4 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 0 & 4 & 4 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 8 & 8 & 8 & 8 & 8 & 0 & 4 & 4 & 0 & 3 & 3 & 3 & 3 & 3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

اگر این مقادیر را به عنوان یک متغیر ورودی X در متلب تعریف کنیم و آرایه را با دستورات $imagesc(X)$، $axisimage$ و $colormap(gray)$ اجرا کنیم، آن‌گاه تصویر نمایش داده‌شده در سمت چپ شکل ۲.۱ را به‌دست می‌آوریم. درایه‌های مقدار 8 به رنگ سفید نمایش داده شده‌اند، درایه‌های برابر با صفر سیاه هستند و مقادیر بین آن‌ها با سایه‌های خاکستری نشان داده شده است. تصاویر رنگی را می‌توان با استفاده از قالب‌های مختلف نمایش داد، قالب RGB تصاویر را به‌عنوان سه مؤلفه که شدت رنگ آن‌ها در مقیاس قرمز، سبز و آبی نمایش داده شده، ذخیره می‌کند.



شکل ۲.۱: تصاویر ایجادشده توسط نمایش آرایه های اعداد

رنگ قرمز با مقادیر شدت رنگ $(1, 0, 0)$ نشان داده شده است، در حالی که مقادیر $(1, 1, 0)$ شدت رنگ زرد و $(0, 0, 1)$ شدت رنگ آبی را نشان می‌دهند.

رنگ‌های دیگر را می‌توان با استفاده از انتخاب شدت رنگ‌های متفاوت به‌دست آورد. بنابراین، برای نمایش یک تصویر رنگی، به سه مولفه ی هر پیکسل نیاز داریم. برای مثال اگر X را یک آرایه در ابعاد $9 \times 16 \times 3$ تعریف کنیم، داریم:

$$X(:,:,1) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$X(:,:,2) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$X(:,:,3) = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

آن‌گاه می‌توانیم این تصویر را با استفاده از دستور $imagesc(X)$ به‌حالت رنگی درآوریم، که همان تصویر دوم نمایش داده‌شده در شکل ۲.۱ است.

تصویر دیجیتالی

یک تصویر دیجیتالی یک آرایه دو یا سه بعدی از اعداد است که نمایانگر شدت در مقیاس خاکستری یا مقیاس رنگی است. قسمت اعظم این تحقیق مربوط به تصاویر در مقیاس خاکستری است. با این حال تکنیک‌ها را به تصاویر رنگی منتقل می‌کنیم و در فصول دیگر نماد و مدل‌ها را به تصاویر رنگی گسترش می‌دهیم.

۳.۱ دستکاری تصاویر در متلب

در این بخش درباره‌ی نحوه‌ی ذخیره‌سازی تصاویر دیجیتال ، همچنین خواندن و نمایش آن‌ها و نحوه‌ی انجام عملیات محاسباتی روی تصاویر در نرم‌افزار متلب بحث خواهیم کرد.