



دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم و تحقیقات بوشر

تشخیصِ حروفِ چاپی-OCR

توسط :

استاد مربوطه:

زمستان 93

چکیده:

بعد از آوردن مقدمه در فصل اول که شامل تاریخچه و اصطلاحات پایه‌ای OCF می‌باشد، در فصل دوم دستورات مقدماتی و تکنیک‌های پردازش تصویر که از ملزومات این پروژه است را آوردیم، سپس در فصل بعدی به بررسی انواع روش‌های تشخیص متن پرداخته و با ارائه روشهایی جهت استخراج ویژگی برای دسته-بندی حروف این فصل را به پایان رساندیم.

در فصل چهارم به بررسی اولین روش پیاده‌سازی شده در این پروژه پرداختیم که به آن روش template matching اطلاق می‌شود. و دلیل استفاده از این روش ساده‌گی پیاده‌سازی و قابل فهم بودن آن می‌باشد تا با دید گرفتن از هدف اصلی پروژه بتوانیم روش‌های دیگر را پیاده‌سازی کنیم. همان‌طور که خواهید دید ما برای افزایش سرعت اجرای برنامه در این روش، مختصری از تکنیک‌های آماری و ساختاری نیز استفاده نموده‌ایم.

در فصل پنجم به آشنایی با مبانی یکی از مهمترین بخش‌های هوش مصنوعی، یعنی شبکه‌های عصبی خواهیم پرداخت که یکی از بهترین روش‌های موجود در پیاده‌سازی پروژه ما خواهد بود. شبکه عصبی روش خام تلاش انسانها جهت شبیه‌سازی الکترونیکی مغز است. که البته تا حدودی توانسته‌اند به این مقصود برسند، تا همین حد که یکی از بهترین روشها در پیاده‌سازی پروژه ما محسوب می‌شود.

به دلیل اهمیت شبکه‌های عصبی برای پروژه، ما آشنایی با مبانی آن را در فصلی جداگانه آوردیم، و در این فصل بعد از آوردن مقدمه و تاریخچه‌ای از شبکه‌های عصبی، دلایل و مزیت‌های شبکه‌های عصبی تشریح شده، سپس اجزای یک شبکه و معماری آن مورد بررسی قرار گرفته. در ادامه به بحث یادگیری شبکه‌های عصبی خواهیم پرداخت و با بیان کاربردهای وسیع شبکه‌های عصبی در زمینه‌های مختلف این فصل را به پایان می‌رسانیم.

در فصل ششم به مبانی پیاده‌سازی شبکه‌های عصبی با متلب می‌پردازیم و انواع توابعی که برای ایجاد شبکه در متلب وجود دارد را آورده و از این بین به پیاده‌سازی شبکه خود با سه عدد از این توابع رضایت می‌دهیم. در همین فصل به نحوه‌ی آموزش شبکه و تست آن نیز خواهیم پرداخت. و در فصل هفتم به پیاده‌سازی شبکه برای تشخیص حروف با سه شبکه‌های عصبی MLP، RBE و PNN می‌پردازیم.

ناگفته نماند که دلیل استفاده از شبکه‌های عصبی در این پروژه انعطاف زیاد آنها نسبت به روش‌های دیگر و قابلیت انطباق شبکه با داده‌های جدید می‌باشد. در ضمن لازم به ذکر است که هیچ یک از روش‌های گفته شده به تنهایی جوابگوی نیاز ما نخواهد بود و تلفیق هر یک از روشها با شبکه عصبی نتیجه مطلوبی خواهد داشت که این یکی از مزیت‌های شبکه‌های عصبی می‌باشد

و در نهایت در فصل آخر با آزمایشات مختلف عملکرد هر یک از شبکه‌های فوق را مورد بررسی قرار می‌دهیم و با ایجاد جدول درستی و جدول سردرگمی هر یک از شبکه‌ها را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم و در نهایت با ایجاد جدول مقایسه، به مقایسه این سه شبکه پرداخته شده است.

لازم به ذکر است که به دلیل کمبود زمان، تمرکز اصلی پروژه بر روی دسته بندی روش‌های موجود و پیاده سازی روش‌های مذکور قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی:

تشخیص حروف، OCR، روش‌های تشخیص حروف، پردازش تصویر، template matching، شبکه‌ی عصبی، پیاده‌سازی شبکه عصبی با MLP، پیاده‌سازی شبکه عصبی با RBE، پیاده‌سازی شبکه عصبی با PNN، پیاده‌سازی شبکه عصبی با نرم‌افزار متلب.

فهرست

1	فصل اول
1.1	مقدمه
2.1	تاریخچه
3.1	اصطلاحات پایه ای
1.3.2	OMR
2.3.1	ICR
3.3.1	OCR
8	فصل دوم
8	مقدمه پردازش تصویر
1.2	مقدمه
2.2	تصویر دیجیتالی چیست؟
3.2	پردازش تصویر در MATLAB
4.2	انواع تصاویر
1.4.2	تصاویر خاکستری
1.1.4.2	خاکستری (Grayscale) کردن تصویر
2.1.4.2	دستور تبدیل تصویر رنگی به خاکستری در MATLAB
2.4.2	تصاویر باینری
3.4.2	تصاویر نمایه گذاری شده
4.4.2	تصاویر RGB
5.2	تغییر نوع تصویر
1.5.2	تبدیل تصویر به باینری
1.1.5.2	پیدا کردن مقدار آستانه رنگ (مقدار n) در تبدیل تصویر به Binary
2.5.2	تبدیل تصویر RGB به Intensity
3.5.2	تبدیل تصویر به RGB به Index

22	6.2 توابع پر کاربرد در پردازش تصویر
22	1.6.2 جمع دو تصویر
22	2.6.2 تفریق دو تصویر
23	3.6.2 مکمل کردن تصویر
25	4.6.2 هیستوگرام تصویر
26	1.4.6.2 تعدیل هیستوگرام
27	5.6.2 فیلتر کردن تصویر
29	7.2 ایجاد فیلتر دلخواه :
29	1.7.2 طراحی فیلتر : (fspecial(type))
30	2.7.2 طراحی فیلتر میانگین ماتریس مربعی :
30	3.7.2 طراحی فیلتر میانگین با ماتریس گرد:
31	4.7.2 طراحی فیلتر پایین گذر گوس :
32	5.7.2 طراحی فیلتر لاپلاس :
33	6.7.2 طراحی فیلتر لاپلاس از روش حذف گوس :
33	7.7.2 طراحی فیلتر حرکت دهنده :
34	8.7.2 طراحی فیلتر تقویت لبه :
35	9.7.2 طراحی فیلتر لبه افقی و عمودی:
35	10.7.2 طراحی افزایش دهنده شدت نور و لبه ها :
36	8.2 استخراج اسکلت بندی اشیاء
37	1.8.2 الگوریتم اسکلت بندی
38	2.8.2 استخراج اسکلت تصویر در MATLAB :
40	فصل سوم
40	روشهای استخراج ویژگی حروف جهت دسته بندی
41	1.3 مقدمه
41	2.3 تقسیم بندی

41	3.3 مراحل تشخیص متن.....
42	4.3 انواع روش‌های تشخیص متن.....
44	5.3 ویژگیهای حروف.....
44	6.3 ویژگی‌های قالبی (الگو).....
44	1.6.3 تعداد بخش‌ها.....
45	2.6.3 جایگاه بخش‌ها.....
45	3.6.3 نوع بخشها (شناسایی بخش‌ها).....
47	7.3 نسبت ارتفاع به پهنا.....
47	8.3 ترکیب ویژگی‌ها.....
49	9.3 نتیجه.....
52	فصل چهارم.....
52	تشخیص حروف کتابی به روش template matching.....
53	1.4 مقدمه.....
53	2.4 مراحل کار.....
53	1.2.4 ملاحظات لازم جهت پیاده سازی این الگوریتم.....
53	3.4 تشریح الگوریتم برنامه.....
55	4.4 نکات مربوط به فایل های برنامه:.....
56	فصل پنجم.....
56	شبکه های عصبی.....
57	1.5 مقدمه.....
57	2.5 عملکرد کلی هوش:.....
57	3.5 حوزه های مختلف هوش مصنوعی:.....
58	4.5 یک شبکه عصبی مصنوعی چیست؟.....
58	4.5 سابقه تاریخی.....

59	5.5. چرا از شبکه های عصبی استفاده می کنیم؟
59	6.5. مزیت‌های دیگر شبکه های عصبی
59	7.5. شبکه های عصبی در مقابل کامپیوتر های معمولی
60	8.5. انسان و سلول های عصبی مصنوعی - در جستجوی شباهت ها
60	1.8.5. چگونه مغز انسان می آموزد؟
61	9.5. از سلول های عصبی انسانی تا سلول های عصبی مصنوعی
65	11.5. اجزای یک شبکه عصبی:
65	1.11.5 ورودی ها:
65	2.11.5 بردار وزن:
66	3.11.5 تابع جمع:
66	4.11.5 تابع تبدیل:
66	5.11.5 خروجی:
66	12.5. نرون چیست؟
67	1.12.5 مدل نرون [10]
68	2.12.5 توابع انتقال
69	3.12.5 نرونی با ورودی برداری
70	13.5 معماری های شبکه
70	1.13.5 یک لایه از نرون ها
72	2.13.5 چندین لایه از نرون ها
72	14.5 یادگیری شبکه های عصبی
73	1.14.5 انواع یادگیری برای شبکه های عصبی
73	1.1.14.5 یادگیری با ناظر
74	2.1.14.5 یادگیری تشدید:
74	3.1.14.5 یادگیری بدون ناظر
74	15.5 نمونه ای از کاربردهای شبکه های عصبی:

75	1.15.5 کاربرد در پیش بینی محتوای رطوبتی در طی فرآیند خشک کردن:.....
75	2.15.5 شبکه های عصبی فازی در رتبه بندی شرکت ها در بورس اوراق بهادار تهران:.....
75	3.15.5 کاربرد در تعیین طرح اختلاط بتن با مقاومت بالا:.....
76	4.15.5 کاربرد در تفکیک بافتهای طبیعی و غیر طبیعی مغز انسان از روی تصاویر:.....
76	4.15.5 کاربرد شبکه های عصبی در دورسنجی و GIS.....
76	4.15.5 دیگر کاربردها.....
78	فصل ششم.....
78	ایجاد شبکه عصبی.....
79	1.6 مقدمه.....
79	2.6 ایجاد شبکهی عصبی با متلب.....
80	3.6 مراحل ایجاد شبکه عصبی با کد نویسی.....
82	1.3.6 ایجاد شبکه عصبی با دستور newff (اجرای گام اول ودوم).....
83	2.3.6 دستور train.....
84	3.3.6 دستور sim().....
85	4.3.6 ایجاد شبکه عصبی با دستور newrbe.....
86	5.3.6 ایجاد شبکه عصبی با دستور newpnn.....
87	4.6 خلاصه:.....
88	فصل هفتم.....
88	تشخیص حروف کتابی با استفاده از شبکههای عصبی.....
89	1.7 مقدمه.....
89	2.7 روش کار.....
91	4.7 ایجاد شبکه با rbe.....
92	5.7 ایجاد شبکه با pnn.....
94	فصل هشتم.....

94	..... آزمایشات و ملاحظات پایانی
95	..... روش کار
95	..... نتایج
95	..... با بررسی نتایج بدست آمده
96	..... جدول درستی با شبکه MLP
99	..... جدول درستی با شبکه RBE
102	..... جدول درستی با شبکه PNN
106	..... جدول سردرگمی شبکه MLP
107	..... جدول سردرگمی شبکه RBE
108	..... جدول سردرگمی شبکه PNN
109	..... جدول بررسی عملکرد شبکه های mlp, rbe و pnn
112	..... پیشنهاد:
114	..... References
116	..... پیوست ها
116	..... پیوست 1: برنامه (template matching)
116	..... الف: برنامه اصلی template matching
118	..... ب: زیربرنامه fit کردن حروف در چهار چوب تصویر
119	..... پ: زیربرنامه شمارش تعداد اشیاء داخل تصویر
119	..... ت: قطعه برنامه تست پروژه
119	..... پیوست 2: برنامه شبکه های عصبی
119	..... 2. الف-1 : برنامه شبکه mlp
119	..... 2. الف-2 : برنامه تست شبکه mlp
120	..... 2. ب-1 : برنامه شبکه rbe
120	..... 2. ب-2 : برنامه تست شبکه rbe
120	..... 2. پ-1 : برنامه شبکه pnn

فهرست شکل‌ها

- شکل 1-1 نمونه فرم طراحی شدهی آزمون 4
- شکل 1-2 نمونه فرم کاغذی 5
- شکل 1-3 بخشهای مختلف سیستم OCR 7
- شکل 2-4 تصویر خاکستری 11
- شکل 2-5 تصویر همراه با title 14
- شکل 2-6 ماتریس سه بعدی 15
- شکل 2-7 ماتریس تصویر RGB 15
- شکل 2-9 تصویر RGB 16
- شکل 2-8 تصویر خاکستری شده 16
- شکل 2-10 تصویر نمایه گذاری شده 18
- شکل 2-11 نمونه ای از یک تصویر RGB 19
- شکل 2-12 جمع دو تصویر 22
- شکل 2-13 تفریق دو تصویر 23
- شکل 2-16 مکمل کردن تصویر 24
- شکل 2-17 هیستوگرام تصویر 25
- شکل 2-18 تعدیل هیستوگرام 26
- شکل 2-19 نقاط تیز تصویر 27
- شکل 2-20 تصویر دارای نویز فلفل-نمکی 27
- شکل 2-23 فیلتر میانگین با ماتریس گرد 31
- شکل 2-24 فیلتر پایین گذر گوس 32
- شکل 2-25 فیلتر لاپلاس 32
- شکل 2-26 فیلتر حرکت دهنده 34
- شکل 2-27 فیلتر تقویت لبه 34
- شکل 2-28 فیلتر لبه افقی و عمودی 35
- شکل 2-29 افزایش دهنده شدت نور و لبه ها 36
- شکل 2-30 استخراج اسکلت بندی اشیاء 36
- شکل 2-31 اسکلت استخراج شده برای تعدادی تصویر با استفاده از الگوریتم Hilditch 38

- شکل 4-32 حرف میم در چهار بخش 55
- شکل 5-33 سلول عصبی 61
- شکل 5-34 طرح شبکه عصبی هاپفیلد 62
- شکل 5-35 چهار حالت پایدار شبکه 63
- شکل 5-36 مدل شبکه mlp 64
- شکل 5-37 اجزای شبکه عصبی 65
- شکل 5-38 یک نورون مصنوعی 66
- شکل 5-39 یک نرون با ورودی اسکالر و بدون بایاس 67
- شکل 5-40 یک نرون با ورودی اسکالر و بایاس 68
- شکل 5-41 تابع انتقال hard-limit 68
- شکل 5-42 تابع انتقال خطی 69
- شکل 5-43 تابع انتقال log-sigmoid 69
- شکل 5-44 یک نرون با بردار ورودی R و ورودی 70
- شکل 5-45 یک نرون با بردار ورودی R عنصری (نشانه گذاری سطح بالاتر) 70
- شکل 5-46 یک شبکه‌ی یک لایه ای با R عنصر ورودی و S نرون 71
- شکل 5-47 یک شبکه‌ی یک لایه ای با R عنصر ورودی و S نرون (نشانه گذاری سطح بالاتر) 72
- شکل 5-48 شبکه‌ی سه لایه ای 72
- شکل 6-49 پنجره‌ی Neural Network Tool 80
- شکل 5-50 شبکه عصبی feed forward 82

فهرست جداول

29	جدول 1-2 انواع فرمهای فیلتر
44	جدول 2-3 بخش بندی حروف
45	جدول 3-3 دسته بندی حروف براساس جایگاه بخشهای اضافی
46	جدول 3-4 دسته بندی حروف براساس نوع بخشهای اضافی
47	جدول 3-5 دسته بندی حروف براساس ناحیه بندی
47	جدول 3-6 دسته بندی حروف براساس نسبت ارتفاع به پهنا
48	جدول 3-7 دسته بندی نهایی حروف با استفاده از ترکیب ویژگیها
54	جدول 4-8 بخش بندی حروف
81	جدول 6-9 دستورات موجود در متلب برای ایجاد شبکه
	Error! Bookmark not defined......جدول 8-10 جدول درستی با شبکه MLP
99	جدول 8-11 جدول درستی با شبکه RBE
103	جدول 8-12 جدول درستی با شبکه PNN
106	جدول 8-13 جدول سردرگمی شبکه MLP
107	جدول 8-14 جدول سردرگمی شبکه RBE
108	جدول 8-15 جدول سردرگمی شبکه PNN
109	جدول 8-16 جدول بررسی عملکرد شبکه های mlp , rbe و pnn

فصل اول

مقدمه

1.1 مقدمه

فناوری تشخیص یا ادراک نوری حروف که از آن به عنوان OCR¹ نام می‌برند، یکی از انواع نرم‌افزارهای کامپیوتری است که برای ترجمه‌ی تصاویر حاوی دست‌نوشته‌ها یا تایپ‌نوشته‌های غالباً ثبت‌شده توسط اسکنر به متن و حروف قابل درک و فهم برای کامپیوتر استفاده می‌شود. این فناوری از تشخیص قالب و الگو²، هوش مصنوعی³ و چشم ماشینی⁴ استفاده می‌کند تا متن‌هایی که به صورت پرینت‌شده یا دست‌نوشته بر روی کاغذهای معمولی در اختیار داریم را به متن‌های قابل ویرایش توسط نرم‌افزارهای ادیتور متن با کامپیوتر بدل نمایند.

معمولاً از OCR در زمانهایی استفاده می‌شود که فرصت زیادی برای تایپ کردن متون وجود ندارد و شما می‌خواهید به سرعت متنی را که به شکل دست‌نوشته با قلم یا خودکارهای معمولی روی کاغذ نوشته‌اید، اسکن کنید تا بتوانید آن را به شکل‌های مختلف، ویرایش متنی نمایید.

یکی دیگر از کاربردهای فناوری تشخیص بصری حروف در زمانی است که شما می‌خواهید متن مقالات، کتابها یا نوشته‌های از قبل پرینت‌شده‌یی را اسکن و مجدداً ویرایش و ارسال کنید که حجم زیادی دارند و ذخیره‌سازی آنها در قالب فایل‌های تصویری مثل JPEG یا GIF امکانپذیر نیست.

با این تفاسیر می‌توانیم خلاصه اینگونه جمع‌بندی کنیم که OCR برای تبدیل کردن تصاویر محو و مبهم به متن‌های قابل درک و ویرایش مورد استفاده قرار می‌گیرد و اشکال گرافیکی را به کدهای ASCII و Unicode تبدیل می‌کند به شکلی که فونت، سایز، استیل، صفحه‌آرایی و تمام مختصات پاراگرافی آنها قابل ویرایش باشد.

2.1 تاریخچه [1]

در سال 1929 برای نخستین بار، گوستاو توشچک⁵ از آلمان، امتیازی برای اختراع خود با نام OCR دریافت کرد و از همان زمان، استارت طراحی نرم‌افزارهای هوشمند درک متن را زد. اختراع او، یک دستگاه اسکنر نوری بود که یک سری الگوهای متنی آماده را در خود ذخیره می‌کرد و متنهایی که دریافت می‌نمود را در صورت تطابق کامل و تشابه بدون کم و کاست با الگوی ابتدایی ذخیره شده، درک می‌کرد و به کامپیوتر می‌داد.

¹ Optical Character Recognition

² pattern recognition or Template Features

³ Artificial Intelligence

⁴ computer vision

⁵ Gustav Tauschek

ایراد اختراع او این بود که یک نمونه‌ی از پیش تهیه شده شامل شکل کوچک و بزرگ حروف الفبا در اختیار داشت و در صورتی که متن ارایه شده به دستگاه کوچکترین تفاوتی با الگو و نمونه‌ی آماده داشت، قادر به تشخیص نبود. با این حال، این کار سرآغاز ارایه‌ی اختراعاتی شد که در آینده به تولید نرم‌افزارهای هوشمند تشخیص متن منجر شدند. در حال حاضر، این نرم‌افزارها برای درک متون تصویری به زبانهای مختلف طراحی شده‌اند و نمونه‌های جدید آنها بر روی بسیاری از گوشی‌های تلفن همراه نصب شده است. اساس و پایه‌ی کار قلم‌های نوری یا pen که همراه با برخی گوشی‌های تلفن همراه ارایه می‌شوند نیز همین فناوری است. زمانی که شما برای تایپ کردن متن یک پیام کوتاه یا شماره‌گیری کردن، بدون در اختیار داشتن هیچ کیبوردی تنها به نوشتن معمولی اعداد و حروف با دستخط خاص خودتان مبادرت می‌کنید، یعنی در حال استفاده از ثمرات OCR هستید به شکلی که یک صفحه‌ی کریستال مایع هوشمند به کمک قلم نوری، امکان درک و ردیابی کردن خطوط به ظاهر بی‌معنی ترسیم شده توسط شما را فراهم می‌کند.

در سال 1950 دومین نمونه‌ی نرم‌افزار تشخیص خط بصری کاراکترها توسط دیوید شپارد¹ از سرویس جاسوسی سازمان نیروهای مسلح ایالات متحده طراحی شد. شپارد که متخصص رمزشکنی و باز کردن قفل‌های مخفی اطلاعاتی و متنی بود، با همکاری یک پروفیسور ژاپنی، نمونه‌ی از نرم‌افزار نوین OCR را طراحی کرد که نیازی به الگوی ثابت از پیش تعیین شده نداشت و به راحتی می‌توانست دست خط‌های افراد مختلف را درک کند.

ویژگی این نرم‌افزار، فهمیدن و درک کردن راحت متن‌هایی بود که بسیار کم رنگ یا توسط مداد نوشته شده بودند و یا بر اثر گذشت زمان، از وضوحشان کاسته شده بود. در آن زمان، به دلیل وجود نداشتن نرم افزارهایی مثل Adobe Photoshop که بتوانند وضوح و contrast تصاویر را تنظیم کنند، بالا بردن کیفیت و ترمیم تصاویر قدیمی، تار و محوشده بسیار سخت بود و به آسانی انجام نمی‌گرفت.

همچنین سرویس پستی ایالات متحده، از سال 1956 شروع به استفاده از OCR کرده تا بتواند امور مربوط به ارسال و دریافت نامه‌های خود در سراسر دنیا را ساماندهی نماید. با استفاده از فناوری تشخیص بصری متن، ادارات پست سراسر آمریکا به جای وارد کردن دستی یا تایپ اطلاعات مربوط به هر نامه، پاکتها و بسته‌های پستی را اسکن می‌کنند و اطلاعات مورد نیاز نیز به شکل خودکار توسط کامپیوتر فهمیده و ذخیره می‌شود. یاکوب رینبو، نخستین کسی بود که این سیستم را وارد ادارات پست و بانک‌های آمریکایی کرد.

در حال حاضر هرچند نرم‌افزار رسمی و معتبری برای درک متون به زبانهای آسیای غربی و برخی زبانهای غیرلاتین دیگر وجود ندارد، اما جدیدترین حوزه‌ی تحقیق و گسترش نرم‌افزارهای OCR برای تشخیص حروف چسبان و شکسته‌ی لاتین است. در حال حاضر برای اکثر زبانهایی مانند فرانسوی، ایتالیایی، انگلیسی، آلمانی و... که از الفبای لاتین استفاده می‌کنند، نرم‌افزار تشخیص بصری کاراکترها وجود دارد و

¹ David H. Shepard

اشکالات رایج در آنها به دلیل وجود تفاوت در املاي برخی از کلمات یا تفاوت الفبا نیز حل شده است. به همین دلیل کارشناسان، به این حوزه روی آورده‌اند که نرم‌افزارها را قادر سازند حروف چسبان، شکسته و خوشنویسی را درک کنند. گفته می‌شود برخی از شرکتهای نرم‌افزاری در کشور ما نیز مشغول طراحی نرم-افزار OCR فارسی هستند با این حال به نظر می‌رسد پیچیدگی‌های خاص موجود در نوشتار و الفبای فارسی و تعدد سبکهای نوشتاری فارسی برای اشخاص مختلف که حروف گوناگون را به اشکال متنوع تحریر می‌کنند، این کار تا مدت‌های زیاد نیاز به تحقیق و مطالعه داشته باشد.

3.1 اصطلاحات پایه ای

در دنیای بازشناسی متون اصطلاحات مختلفی استفاده می‌شود که هرچند برای اهل فن آشناست، لیکن اکثریت مردم از تعریف دقیق آنها بی‌اطلاعند. در این مقاله به تعریف سه اصطلاح متداول OMR، ICR و OCR می‌پردازیم.

1.3.2 OMR¹

OMR به معنی خواندن نوری مارک بوده و عمدتاً در آزمونهای چند گزینه ای استفاده می‌شود. به این ترتیب که فرمهای خاصی طراحی شده و آزمون دهندگان مارکهای (غالباً بیضی شکل یا مستطیل) مورد نظر را با قلمهای نرم پر می‌کنند. برای خواندن خودکار این فرمها، می‌توان از دستگاههای مارک خوان استفاده کرد یا از نرم افزارهای مارک خوان کمک گرفت. دستگاههای مارک خوان² نوعی روبشگر³ ویژه اند که قادرند با استفاده از تاباندن نور به سطرهای مختلف برگه امتحان، موقعیت مارکهای پر شده را تشخیص دهند. این دستگاهها مقادیر آستانه ای برای یافتن مواردی که چند گزینه پر شده است و یا هیچ گزینه ای پر نشده است، دارند.



شکل 1-1 نمونه فرم طراحی شدهی آزمون

¹ Optical Mark Reader/Recognition

² OMR Scanner

³ اسکنر