بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه شاهرود

دانشکده مهندسی برق و رباتیک

گروه رباتیک

# تشخیص دستنوشته برخط فارسی با رویکرد تجزیه ای

**علیرضا فخری نوش آبادی**

**استاد راهنما:**

دکتر علیرضا احمدی فرد

**استاد مشاور:**

دکتر حسین خسروی

**پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد**

بهمن ۹۳

**دانشگاه شاهرود**

**دانشکده :**

**گروه :**

**پایان نامه کارشناسی ارشد آقای/ خانم .....**

**تحت عنوان:**

در تاریخ ..... توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

| اساتید راهنما | امضاء | اساتید مشاور | امضاء |
|---|---|---|---|
| نام و نام خانوادگی : | | نام و نام خانوادگی : | |
| نام و نام خانوادگی : | | نام و نام خانوادگی : | |

| اساتید داور | امضاء | نماینده تحصیلات تکمیلی | امضاء |
|---|---|---|---|
| نام و نام خانوادگی : | | نام و نام خانوادگی : | |
| نام و نام خانوادگی : | | | |
| نام و نام خانوادگی : | | | |
| نام و نام خانوادگی : | | | |

تقدیم به پدر و مادر عزیزم

## تشکر و قدردانی

نخستین سپاس و ستایش از آن خداوندی است که بنده کوچکش را در دریای بیکران اندیشه، قطره‌ای ساخت تا وسعت آن را از دریچه اندیشه های ناب آموزگارانی بزرگ به تماشا نشیند. لذا اکنون در سایه سار بنده نوازی هایش پایان نامه حاضر به انجام رسیده است، بر خود لازم می دانم تا مراتب سپاس را از بزرگوارانی به جا آورم که اگر دست یاریگرشان نبود، هرگز این پایان نامه به انجام نمی رسید.

ابتدا از استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر احمدی فرد که زحمت راهنمایی این پایان نامه را بر عهده داشتند، بخاطر کمک های بی ردیغ ایشان کمال سپاس را دارم.

از استاد عالی قدرم جناب آقای دکتر خسروی که زحمت مشاوره این پایان نامه را متحمل شدند، صمیمانه تشکر می کنم.

سپاس آخر به مهربان‌ترین همراهان زندگیم، خانواده و دوستان عزیزم، که حضورشان در فضای زندگیم مصداق بی ریا سخاوت بوده است.

# تعهد نامه

اینجانب علیرضا فخری نوش آبادی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته برق الکترونیک دانشکده برق و رباتیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه تشخیص دستنوشته برخط فارسی با رویکرد تجزیه ای تحت راهنمائی دکتر علیرضا احمدی فرد متعهد می شوم :

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده ( یا بافتهای آنها ) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

**تاریخ** **امضای دانشجو**


**مالکیت نتایج و حق نشر**

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است ) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

# چکیده

در این تحقیق روشی برای تشخیص دستنوشته برخط فارسی بر مبنای شناسایی حروف سازنده زیرکلمات ارائه شده است. ورودی سیستم های تشخیص دستنوشته برخط مجموعه ای از نقاط در صفحه مربوط به دستنوشته است که عموماً توسط وسایل دیجیتال نظیر تبلت ها و تلفن های همراه هوشمند و به طور هم زمان با عمل نوشتن جمع آوری می شوند و به همین دلیل به آن برخط گویند.

در روش پیشنهادی در یک گام ساده سازی داده ورودی به صورت مجموعه ای از خطوط افقی و عمودی با دو بردار جهت و اندازه خطوط که در واقع ویژگی‌های استخراجی از داده هستند بازنمایی می شود. سپس برای تشکیل پایگاه دانش سیستم از بدنه حروف الفبا در مکان‌های مختلف زیرکلمه از بردارهای ویژگی الگوهای مرجع استخراج می‌شوند. در گام شناسایی، لیستی از زیرکلمات با شناسایی حروف سازنده نمونه ورودی بوسیله انطباق الگو با استفاده از یک الگوریتم پیشنهادی با تکنیک برنامه نویسی پویا پیشنهاد می‌شود و درنهایت در گام پس پردازش پیشنهاداتی که در فرهنگ لغت سیستم وجود نداشته باشند و یا از لحاظ تعداد و مکان قرارگیری علامت ها با داده ورودی همخوانی نداشته باشند توسط دو فیلتر حذف می شوند.

درصد تشخیص حروف جدای فارسی با استفاده از ساده سازی و الگوریتم پیشنهادی محاسبه فاصله اصلاح برابر ۹۵/۲ ٪ شده است و درصد بازشناسی برای تشخیص زیرکلمات فارسی برای سه گزینه اول پیشنهادی برابر ۶۳/۲۹٪ بدست آمد.

هرچند درصد تشخیص بدست آمده نسبت به روشهای کلی نگر پایین تر است ولی مزیت روش پیشنهادی در شناسایی حروف سازنده زیرکلمه نسبت به روش‌های کلی نگر در آن است که برای بازشناسی زیرکلمات جدید تنها کافی است که متن این زیرکلمات به فرهنگ لغت سیستم اضافه شوند، درحالی که در روش‌های کلی‌نگر نیاز به نمونه‌های جدید از دستنوشته است.



**کلمات کلیدی:** تشخیص دستنوشته برخط فارسی، انطباق الگو، فاصله اصلاح

# فهرست مطالب

**عنوان** **صفحه**


چکیده ..... ز

فهرست مطالب ..... ح

فهرست اشکال ..... ک

فهرست جداول ..... م

**فصل ۱- مقدمه ..... ۱**

۱-۱-پیشگفتار ..... ۲

۱-۲- انواع سیستمهای نویسه خوان نوری ..... ۳

۱-۲-۱-شناسایی برخط و برون خط ..... ۳

۱-۳-رقومی کننده ها و تبلت های گرافیکی ..... ۵

۱-۴-دستنوشته زبان فارسی ..... ۶

۱-۵-دو رویکرد کلی در زمینه شناسایی زیرکلمه ..... ۸

۱-۶-تحلیل اجزای سیستمهای تشخیص دستنوشته برخط ..... ۹

۱-۶-۱- پیش پردازش ..... ۱۰

۱-۶-۲- استخراج ویژگی ..... ۱۱

۱-۶-۳- قطعه بندی ..... ۱۲

۱-۶-۴- شناسایی ..... ۱۲

۱-۷- هدف از تحقیق ..... ۱۳

۱-۸- ساختار پایان نامه ..... ۱۳

**فصل ۲- مروری بر کارهای گذشته ..... ۱۵**

۲-۱- روشهای تشخیص زیرکلمه کلی نگر ..... ۱۶

۲-۲- قطعه بندی ..... ۱۸

۲-۳- تشخیص حروف جداگانه ..... ۲۲
۲-۴- روشهای تشخیص زیرکلمه جزئی نگر ..... ۲۳
**فصل ۳- تئوری های مرتبط با کار انجام شده ..... ۲۹**
۳-۱- انطباق الگو ..... ۳۱
۳-۱-۱- معیارهای اندازه گیری و جستجوی مسیر بهینه ..... ۳۲
۳-۱-۲- اصل بهینگی بلمن و برنامه نویسی پویا ..... ۳۴
۳-۱-۳- فاصله اصلاح ..... ۳۵
۳-۱-۴- فاصله لونشتین ..... ۳۵
۳-۱-۵- جستجوی مسیر بهینه با استفاده از تکنیک برنامه نویسی پویا ..... ۳۷
**فصل ۴- روش پیشنهادی ..... ۳۹**
۴-۱- پیشگفتار ..... ۴۱
۴-۲- پیش پردازش ..... ۴۲
۴-۲-۱- هموارسازی ..... ۴۳
۴-۲-۲- نمونه برداری مجدد ..... ۴۴
۴-۳- ساده سازی ..... ۴۵
۴-۳-۱- کد زنجیره ای ..... ۴۵
۴-۳-۲- فشرده سازی ..... ۴۶
۴-۳-۳- حذف جهات قطری ..... ۴۶
۴-۴- پایگاه دانش ..... ۴۷
۴-۵- شناسایی ..... ۵۲
۴-۶- پس پردازش ..... ۵۵
۴-۶-۱- فیلتر بر اساس بدنه زیرکلمه ..... ۵۶
۴-۶-۲- فیلتر بر اساس تعداد و مکان علامت ها ..... ۵۷
**فصل ۵- نتایج شبیه سازی و تحلیل آن ها ..... ۵۹**

۵-۱- شبیه سازی ..... ۶۱
۵-۲- نتایج شناسایی بدنه حروف قطعه بندی شده ..... ۶۱
۵-۳- نتایج شناسایی روش پیشنهادی بر روی حروف جداگانه ..... ۶۲
۵-۴- نتایج شناسایی روش پیشنهادی بر روی زیرکلمات ..... ۶۷
۵-۵- مقایسه نتایج ..... ۶۸
۵-۵-۱ مقایسه نتایج شناسایی حروف جدا ..... ۶۸
۵-۵-۲- مقایسه شناسایی زیرکلمات ..... ۶۹
**فصل ۶- نتیجه گیری و کارهای آینده ..... ۶۹**
۶-۱- نتیجه گیری ..... ۷۲
۶-۲- کارهای آینده ..... ۷۳
**فهرست مراجع ..... ۷۵**

# فهرست اشکال

**عنوان** **صفحه**


شکل ۱-۱: چرخه کلی سیستم نویسه خوان نوری [۲] ..... ۳
شکل ۱-۲: نمونه ای از یک کلمه دستنوشته برخط از پایگاه داده زیرکلمات برخط دانشگاه تربیت مدرس ..... ۴
شکل ۱-۳: نمونه ای از یک تصویر دستنوشته برون خط از پایگاه داده ایران شهر ..... ۴
شکل ۱-۴: سیستم های تشخیص برخط و برون خط [۴]..... ۵
شکل ۱-۵: (سمت چپ) صفحه یادداشت دیجیتالی مدل CrossPad. (سمت راست) تبلت گرافیکی. ۶
شکل ۱-۶: اجزای سیستم تشخیص دستنوشته برخط همه منظوره معرفی شده در [۱] ..... ۱۰
شکل ۲-۱:کدهای جهتی در [۱۵] ..... ۱۹
شکل ۲-۲: تبدیل جهت های قطری به اصلی [۱۵] ..... ۲۰
شکل ۲- ۳: (الف) دستنوشته اصلی، (ب) پس از هموارسازی، (ج) شکل مستطیل وار [۱۵]..... ۲۰
شکل ۲-۴: خروجی مرحله خط پیوند و حرف. (الف) شکل مستطیل وار زیرکلمه، (ب) خط پیوندهای تشخیص داده شده (قسمت های پر رنگ) [۱۵] ..... ۲۰
شکل ۲-۵: اجزای اصلی سیستم پیشنهادی در [۲۳] ..... ۲۴
شکل ۲- ۶: (الف) زیرکلمه با یک نشانه (ب) اتصال نشانه به بدنه (ج) افزودن نقاط متصل کننده [۲۳]۲۵
شکل ۲-۷: مجموعه شبکه های زیرکلمات، هر گره در شبکه، یک مدل مخفی مارکوف مربوط به حرف زیرکلمه است و اتصالات بین گروهها دارای وزن نیستند [۲۳].....۲۶
شکل ۲-۸: اجزای سیستم پیشنهادی در [۲۴]..... ۲۷
شکل ۲-۹: نحوه استخراج ویژگی در سیستم [۲۴]..... ۲۸
شکل ۳-۱: هر نقطه از مسیر بیانگر تشابه بین عناصر متناظر از رشته مرجع و تست است ..... ۳۳
شکل ۴-۱: بلوک دیاگرام کامل روش پیشنهادی..... ۴۲
شکل ۴-۲: (سمت چپ) نمونه ورودی. (سمت راست) بعد از هموارسازی..... ۴۴
شکل ۴-۳: (سمت چپ) نمونه هموار شده. (سمت راست) بعد از نمونه برداری مجدد ..... ۴۵
شکل ۴-۴: کد زنجیره ای هشت جهته ..... ۴۵
شکل ۴-۵: دو نمونه شکل نوشتاری گوناگون برای حرف "م" ..... ۴۹
شکل ۴-۶: روند استخراج الگوهای مرجع بدنه حروف ..... ۵۰
شکل ۴-۷: نقاط قطعه بندی ..... ۵۱
شکل۴-۸: یک مثال از فرایند تشخیص الگوی ورودی ناشناخته ..... ۵۹

شکل ۵-۱: شکل سمت راست. حرف "د" که اشتباهاً "ر" تشخیص داده شده است. شکل وسط. بدنه حرف "گ" که اشتباهاً "ز" تشخیص داده شده است. شکل سمت چپ. حرف "ک" که اشتباهاً "ی" تشخیص داده شده است. .....۶۷

# فهرست جداول

**عنوان** **صفحه**

جدول ۴-۱: دسته بندی بدنه حروف فارسی ..... ۴۸
جدول ۵-۱: نتایج شناسایی بدنه حروف قطعه بندی شده در مکان های مختلف ..... ۶۲
جدول ۵-۲: تقسیم بندی الفبا بر اساس مکان علامت حروف ..... ۶۲
جدول ۵-۳: گروه بندی بر اساس بدنه حروف ..... ۶۳
جدول ۵-۴: کلاس های قابل شناسایی ..... ۶۳
جدول ۵-۵: نتایج شبیه سازی با استفاده از تنها یک الگو ..... ۶۴
جدول ۵-۶: نتایج شبیه سازی با استفاده از چند الگو ..... ۶۴
جدول ۵-۷: ماتریس تداخل ..... ۶۵
جدول ۵-۸: نتایج تشخیص زیرکلمات ..... ۶۷
جدول ۵-۹: مقایسه تشخیص حروف جدا ..... ۶۸
جدول ۵-۱۰: مقایسه روشهای شناسایی زیرکلمات ..... ۶۹

# علائم و اختصارات

| | |
|---|---|
| DP | Dynamic Programming |
| DTW | Dynamic time warping |
| FEM | Fuzzy Elastic Machine |
| HMM | Hidden Markov Model |
| NN | Neural Network |
| OHRS | Online handwriting recognition system |
| OCR | Optical Character recognition |
| PDA | Personal Digital Assistant |

فصل ۱

# مقدمه

# فصل ۱- مقدمه

## ۱-۱-پیشگفتار

در عصر حاضر با پیشرفت تکنولوژی، نیاز مبرم به اطلاعات در هر لحظه و هر مکان باعث ایجاد یک بازار بسیار بزرگ از محصولات الکترونیکی شده است. این وسایل الکترونیکی با صفحات لمسی مانند دستیار شخصی دیجیتال[۱]، تلفن‌های همراه و ... با هدف بهبود تعامل انسان و ماشین جایگاه ویژه‌ای به خود اختصاص داده‌اند که باعث شده است بازار وسیعی از برنامه‌های کاربردی مختلف برای این وسایل نیز شکل بگیرد.

در این میان با توجه به روش‌های رایج ارتباطی بشر از جمله نوشتار، گفتار و زبان اشاره نوشتار همچنان به عنوان پرکاربردترین شیوه ثبت اطلاعات در زندگی روزمره محبوبیت خود را حفظ نموده است. گسترش و پیشرفت سیستم‌های با صفحات لمسی و از طرفی محبوبیت دستنوشته به عنوان یک رسانه ارتباطی در میان انسان‌ها، باعث گردیده تا توجه محققان به سیستم‌های تشخیص دستنوشته برای اینگونه وسایل جلب شود [۱].

سیستم‌های تشخیص دستنوشته به حوزه نویسه خوان نوری[۲] مرتبطند. شناسایی نوری متون راهکاری است برای تبدیل متون تصویری به مستندات دیجیتالی قابل ویرایش توسط کامپیوتر و از لحاظ کاربردی برنامه‌ای است که با استفاده از روش‌های گوناگون هوش مصنوعی، پردازش تصویر و شناسایی الگو اسناد، مدارک، کتاب‌ها و سایر مکتوبات چاپی یا تایپ شده و یا دستنویس را به متن قابل ویرایش و قابل جستجو تبدیل می‌کند. چرخه سیستم-های نویسه خوان نوری در شکل ۱-۱ نشان داده شده است.

[1] Personal Digital Assistant (PDA)
[2] Optical Character recognition (OCR)

شکل ۱-۱: چرخه کلی سیستم نویسه خوان نوری [۲]

تاریخچه تحقیقات در زمینه نویسه خوان نوری به زمان ظهور کامپیوترهای دیجیتالی باز می‌گردد و مطالعه در این زمینه همچنان ادامه دارد. .تاکنون در کشور ما و برخی کشورهای دیگر بر روی نویسه خوان‌های نوری فارسی و عربی کارهای ارزشمندی انجام شده است، اما می‌توان گفت که نویسه خوان‌های نوری زبان‌های لاتین، چینی و ژاپنی بسیار بیش از نویسه خوان های نوری فارسی به ایده آل نزدیک شده‌اند، هرچند این زمینه اخیراً توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۳]. علت اصلی این امر پیچیدگی‌های منحصر به فرد نگارش فارسی است که این موضوع باعث شده تا تحقیقات به مراتب کمتری در زمینه نویسه خوان فارسی انجام شود و ازطرفی استفاده از نویسه خوان‌های زبان‌های نامبرده برای شناسایی متون فارسی امکان‌پذیر نباشد. اما در نهایت با غلبه بر چالش‌های مرتبط با زبان فارسی، با توجه به جمعیت بسیار زیاد فارسی زبانان و همچنین مشابهت الفبای زبان فارسی با زبان های دیگر از جمله عربی و اردو، ارائه سیستمی کارا برای تشخیص دستنوشته‌های فارسی/عربی برای وسایل الکترونیکی با صفحات لمسی می تواند با استقبال بسیار چشمگیری روبرو شود.

## ۱-۲- انواع سیستم‌های نویسه خوان نوری

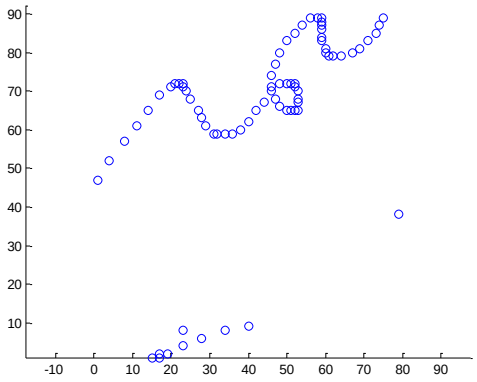
سیستم‌های نویسه خوان نوری را می‌توان از زوایای مختلفی تقسیم‌بندی کرد، بطور مثال می توان بر اساس نحوه نگارش به تایپی یا دستنوشته، برای متون تایپی بر اساس تک فونتی یا چند فونتی بودن، از لحاظ متصل بودن متن به حروف مجزا یا کلمات پیوسته و یا بر اساس نوع الگوی ورودی به برخط[۱] و برون خط[۲] و یا از لحاظ واحد شناسایی به حرف، رقم، کلمه تقسیم کرد.

### ۱-۲-۱-شناسایی برخط و برون خط

سیستم های نویسه خوان نوری بر اساس نوع الگوی ورودی به دو دسته سیستم‌های شناسایی برخط[۳] و برون خط تقسیم می‌شوند. در شناسایی برخط متن توسط قلم بر روی یک صفحه حساس نوشته می‌شود. این صفحه

[1] On-line
[2] Off-line
[3] Online handwriting recognition system (OHRS)

که در واقع شبکه‌ای از نقاط نزدیک به هم است توسط قلم تحریک شده و مختصات رقومی شده مسیر حرکت قلم به شکل مجموعه ای از نقاط دو بعدی به عنوان ورودی سیستم شناسایی استفاده می‌شود. نمونه‌ای از ورودی برخط در شکل ۱-۲ نشان داده شده است.

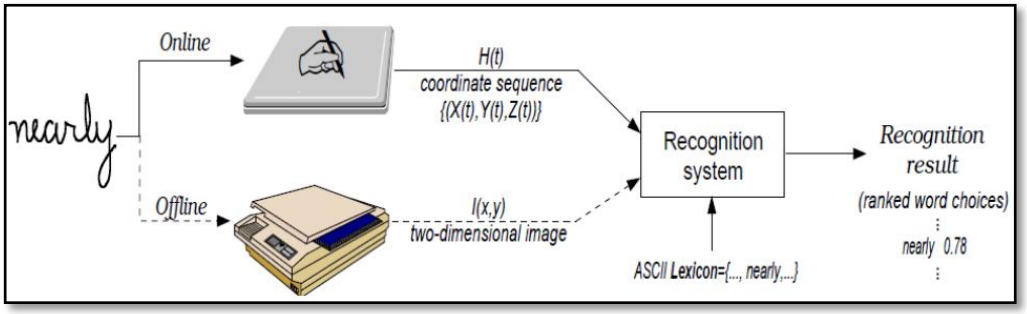



شکل ۱-۲: نمونه ای از یک کلمه دستنوشته برخط از پایگاه داده زیرکلمات برخط دانشگاه تربیت مدرس

در شناسایی برون خط برخلاف برخط، ورودی سیستم یک تصویر است که پیکسل‌های آن اطلاعات ثابتی را ارائه می‌دهند. نمونه‌ای از ورودی برون خط نیز در شکل ۱-۳ نشان داده شده است.

شکل ۱-۳: نمونه ای از یک تصویر دستنوشته برون خط از پایگاه داده ایران شهر

در شکل ۱-۴ این دو سیستم باهمدیگر به نمایش در آمده‌اند.



شکل ۱-۴: سیستم‌های تشخیص برخط و برون خط [۴]

مزیت شناسایی برخط در اختیار داشتن اطلاعات زمانی نظیر سرعت، شتاب، فشار و زمان‌های لمس یا عدم لمس صفحه است که سیستم‌های تشخیص دستنوشته برخط می‌توانند با استخراج این اطلاعات پویا و استفاده از آن‌ها دقت بیشتری نسبت به برون خط داشته باشند. بطور مثال زمان‌های لمس یا عدم لمس صفحه می‌تواند هر حرکت قلم[۱] و ترتیب زمانی نوشته شدن آن‌ها را مشخص کند.

تنها مشکل عمده سیستم‌های تشخیص برخط آن است که نویسنده به تجهیزات خاصی برای نوشتن نیاز دارد که این تجهیزات در حال حاضر به اندازه قلم و کاغذ واقعی برای نوشتن راحت نیستند [۱]. هرچند صفحه یادداشتهای دیجیتالی[۲] تا حدی این مشکل را برطرف کرده‌اند، بدین صورت که می‌توان بر روی آن‌ها کاغذ واقعی قرار داد.

بدلیل اینکه درحال حاضر تحقیقات در زمینه تشخیص دستنوشته برون خط موفقیت بسیار قابل قبولی در کاربردهای مختلف مثل خواندن آدرس‌های پستی، پردازش فرم، بررسی چک‌های بانکی و ... داشته است، این قضیه نیز باعث جلب بیشتر توجه محققان به زمینه تشخیص دستنوشته برخط شده است [۱].

## ۱-۳-رقومی کننده ها[۳] و تبلت های گرافیکی

همانطور که قبلا گفته شد، در شناسایی برخط متن توسط قلم بر روی یک صفحه حساس رقومی کننده نوشته می‌شود و مختصات رقومی شده مسیر حرکت قلم به عنوان ورودی سیستم شناسایی استفاده می‌شود. ایده استفاده از قلم برای کامپیوتر برای اولین بار توسط کای در سال ۱۹۶۸ مطرح شد و از آن زمان به بعد نوآوری ها و پیشرفت‌های زیادی برای صفحات رقومی کننده رخ داد. برای مقایسه صفحات رقومی کننده از ویژگی‌های مختلفی می‌توان استفاده کرد مثل، درجه تفکیک پذیری، دقت، و نرخ نمونه‌برداری که معمولاً چیزی حدود ۲۰۰-۵۰ هرتز است [۱].

[1] Stroke
[2] Digital Notepad
[3] Digitier

تکنولوژی بعدی که با ترکیب صفحات رقومی کننده با صفحات نمایشی بوجود آمد باعث ایجاد تبلت های گرافیکی شد که سطح بالایی از تعامل شبیه  نوشتن و نقاشی کردن با استفاده از کاغذ و قلم معمولی را ارائه می کند. نمونه‌ای از یک تبلت گرافیکی و صفحه یادداشت دیجیتالی در شکل ۱-۵ نشان داده شده است.

شکل ۱-۵: (سمت چپ) صفحه یادداشت دیجیتالی مدل CrossPad. (سمت راست) تبلت گرافیکی

در ساخت صفحات لمسی از دو فناوری مقاومتی و خازنی استفاده گسترده‌ای شده است که هر فناوری ویژگی-های خاص خود را دارد. صفحات خازنی حساسیت بهتری نسبت به لمس با انگشت دارند ولی قادر به تشخیص ضربه توسط اشیا دیگر نیستند درحالی که صفحات مقاومتی قابلیت تحریک پذیری بیشتری دارند و می توانند توسط هر نوع قلم یا دست با دستکش نیز تحریک شوند. این فناوری هزینه کمی داشته و بیشتر مورد استفاده است. اخیراً قلم‌های الکترونیکی با فناوری اولتراسوند نیز مورد استفاده قرار گرفته‌اند [۵].

## ۱-۴-دستنوشته زبان فارسی

در سیستم‌های تشخیص دستنوشته هدف شناسایی کلمه است، اما کارهایی در زمینه تشخیص مواردی مانند ارقام، حروف مجزا و یا علائم مانند فرمول‌های ریاضی یا شیمی نیز صورت گرفته است. نوشتار زبان فارسی به شکل پیوسته و حاوی ۳۲ حرف است که از راست به چپ نوشته می‌شود. شکل تعدادی از حروف زبان فارسی بر اساس محل قرارگیریشان در کلمه که می تواند ابتدا، وسط، انتها و یا بشکل جداگانه باشد، می تواند تغییر کند، در زبان فارسی یک کلمه از یک یا چند زیر کلمه تشکیل می شود. زیرکلمه قسمتی از کلمه است که بدون درنظر