

بنا م خدا



دانشگاه صنعتی اصفهان

تشخیص اعداد دست نویس فارسی به کمک شبکه های عصبی

فریبرزسیحان منش

پایان نامه تحصیلی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

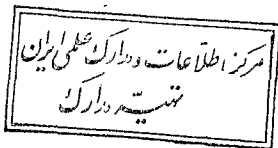
در رشته

مهندسی برق (مخابرات)

دانشکده برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

۴۵۶

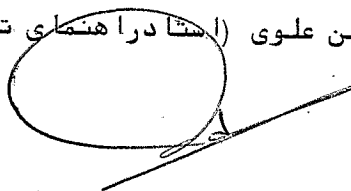


بهمن ماه ۱۳۷۰

۱۷۱۴۹

کیفیت و ارزش گزارش حاضر بعنوان پایان نامه کارشناسی ارشد مورد تأیید است .

دکتر حسین علوی (استاد راهنمای تحقیق)



کیفیت و ارزش گزارش حاضر بعنوان پایان نامه کارشناسی ارشد مورد تأیید است .

دکتر حسین جلالی کوشکی (استاد مشاور تحقیق)



تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم

قدردانی:

برخود لازم می‌دانم که از زحمات استاد گرامی جناب آقای دکتر حسین علوی استاد راهنمای تحقیق که در تمام مراحل انجام پروژه‌ها از راهنمایی‌های بیدریغشان بهره‌مند شدم و در طول مدت تحصیل نیز از محضرشان کسب فیض نمودم تشکر و سپاسگزاری می‌کنم. همچنین از اساتید محترم، جناب آقای دکتر حسین جلالی کوشکی به عنوان استاد مشاور و تحقیق که متن رساله را با دقت تمام مطالعه فرمودند و مرا در تدوین هر چه بهتر رساله یاری نمودند و جناب آقای دکتر قوجه بگلو که جهت اظهار نظر در سمینار اینجانب شرکت داشتند تشکر و سپاسگزاری می‌نمایم.

از دیگر اساتید محترم دانشکده برق و کامپیوتر آقایان دکتر محمد رضا عارف، دکتر علی محمد دوست حسینی و دکتر ولی اله طحانی که در طول مدت تحصیل از محضرشان کسب فیض نمودم و آقای مهندس مهران شیرازی (پرسنل مرکز پژوهشی مهندسی برق) که از راهنمایی‌های در طول انجام پروژه بهره‌مند شدم نهایت تشکر و سپاسگزاری را دارم.

همچنین از سرکار خانم زهرا ابطحی و طاهره افتخار، کارمندان بخش کامپیوتر دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز که زحمات تایپ این رساله را تقبل کردند و با صبر و حوصله تمام این کار را به پایان رسانیدند تشکر و سپاسگزاری می‌کنم.

موفقیت و پیروزی این عزیزان را از درگاه خداوند متعال خواستارم.

فریبرز سبحان منش

بهمن ماه ۱۳۷۵

| صفحه | عنوان |
|------|---|
| ۱ | فصل اول : مقدمه |
| ۷ | فصل دوم : آشنایی مقدماتی با شبکه‌های عصبی |
| ۷ | ۲-۱- مقدمه |
| ۹ | ۲-۲- تاریخچه تحقیقات |
| ۱۱ | ۲-۳- تعریف یک شبکه عصبی |
| ۱۵ | ۲-۴- اتصالات یک شبکه عصبی |
| ۱۶ | ۲-۴-۱- نوع سیگنال در اتصالات شبکه‌های عصبی |
| ۱۸ | ۲-۵- پردازنده‌های عصبی |
| ۱۹ | ۲-۵-۱- تابع انتقال پردازنده‌های عصبی |
| ۲۲ | ۲-۶- روشهای مختلف تغییر حالت نرونها |
| ۲۴ | ۲-۷- معرفی پرسپترون |
| ۲۵ | ۲-۷-۱- تحقق توابع بولی ساده با استفاده از پرسپترون |
| ۲۷ | فصل سوم : تربیت شبکه‌های عصبی |
| ۲۷ | ۳-۱- مقدمه |
| ۲۹ | ۳-۲- تقسیم بندی قوانین یادگیری بر اساس نحوه اعمال یادگیری به شبکه |
| ۲۹ | ۳-۲-۱- یادگیری با نظارت |
| ۳۰ | ۳-۲-۲- یادگیری بی نظارت |
| ۳۱ | ۳-۳- تقسیم بندی قوانین یادگیری بر اساس چگونگی یادگیری |
| ۳۱ | ۳-۳-۱- یادگیری هم‌واقع |
| ۳۵ | ۳-۳-۲- یادگیری بر اساس عملکرد |
| ۳۹ | ۳-۳-۳- یادگیری رقابتی |
| ۴۳ | ۳-۴- یادگیری در شبکه‌های انتسایبی |
| ۴۴ | ۳-۴-۱- یادگیری در شبکه‌های برگشتی |

- ۴۵ ۱-۴-۳ یا دگیری در شبکه‌های هاپفیلد
- ۵۲ ۲-۴-۳ یا دگیری در شبکه‌های مستقیم
- ۵۳ ۱-۴-۳ قانون دلتا یا الگوریتم LMS برای شبکه‌های بدون لایه پنهان ...
- ۵۷ ۲-۴-۳ تربیت شبکه‌های مستقیم چندلایه با تابع انتقال نرونی مشتق پذیر ..
- ۶۵ ۳-۴-۲ تربیت شبکه‌های مستقیم چندلایه با تابع انتقال نرونی محدودکننده
سخت

۶۷ فصل چهارم : تشخیص الگو

- ۶۷ ۱-۴-۴ مقدمه
- ۶۹ ۲-۴-۴ مروری بر کارهای انجام شده در زمینه تشخیص الگو
- ۷۲ ۳-۴-۴ بررسی آماری مسئله تشخیص الگو
- ۷۷ ۴-۴-۴ استفاده از شبکه‌های عصبی در تشخیص الگو
- ۷۷ ۱-۴-۴-۴ کلاسیفایر خطی
- ۸۰ ۲-۴-۴-۴ کلاسیفایرهای غیرخطی
- ۸۳ ۵-۴-۴ شبکه‌های عصبی چندلایه بعنوان کلاسیفایر
- ۹۶ ۶-۴-۴ شبکه عصبی چندلایه بعنوان تقریبی از کلاسیفایر بهینه بیز
- ۱۰۱ ۷-۴-۴ محاسبه احتمال خطای دسته‌بندی کردن و درجه اعتماد به عملکرد
کلاسیفایرهای عصبی
- ۱۰۴ ۸-۴-۴ تعبیر دیگری بر عملکرد شبکه‌های مستقیم چندلایه در تشخیص الگو
- ۱۰۵ ۹-۴-۴ قابلیت تعمیم یادرون یا بی کلاسیفایرهای عصبی
- ۱۰۷ ۱۰-۴-۴ روش فائکشنال لینک و تقویت نمایش الگوی ورودی
- ۱۰۹ ۱-۱۰-۴ توجه ریاضی روش فائکشنال لینک

۱۱۳ فصل پنجم: تشخیص اعداد دست نویس فارسی

- ۱۱۳ ۱-۵-۴ مقدمه
- ۱۱۶ ۲-۵-۴ استخراج ویژگی الگو
- ۱۲۳ ۱-۲-۵ کد کردن کلاسهای خروجی
- ۱۲۳ ۳-۵-۴ تعیین شبکه بهینه
- ۱۳۶ ۴-۵-۴ بررسی اثر حذف بعضی از وزنهای شبکه

| | | |
|-----|-------|---|
| ۱۳۹ | | ۵-۴-۱- بررسی اثرکوانتیزاسیون وزندهای شبکه |
| ۱۴۱ | | فصل ششم: نتیجه‌گیری و پیشنهادات |
| ۱۴۴ | | ضمیمه الف: سنسورمورداستفاده |
| ۱۴۶ | | ضمیمه ب: انجام چهار عمل اصلی دست‌نویس توسط کامپیوتر |
| ۱۶۸ | | ضمیمه پ: شبیه‌سازی الگوریتم BP |
| ۱۷۳ | | فهرست منابع و مراجع |

بنا مخدا



دانشگاه صنعتی اصفهان

تشخیص اعداد دست نویس فارسی به کمک شبکه های عصبی

فریبرزسیحان منش

پایان نامه تحصیلی برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

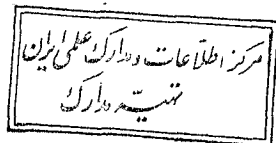
در رشته

مهندسی برق (مخابرات)

دانشکده برق و کامپیوتر

دانشگاه صنعتی اصفهان

۴۵۶



بهمن ماه ۱۳۷۰

۱۷۱۴۹

فصل اول

مقدمه

علم و تکنولوژی تشخیص الگو (۱) با پیشرفت تکنولوژی هوش مصنوعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار گشته است ، هدف و انگیزه اصلی مطالعه تشخیص الگو توسط انسان پی بردن به مکانیزمهای فرآیندهای درک و شناخت (۲) و انتقال آنها به کامپیوتر و ماشینهای مصنوعی بدون هوش به منظور دریافت و پردازش اطلاعات میباشد . زیرا کامپیوترها می‌توانند تصاویر ، چهره‌های مختلف ، صداها و مختلف و یا حتی دستخط‌های مختلف را بخوبی تشخیص دهند بسیار وسیع و گسترده می‌باشد و همینطور با زده‌ی این کامپیوترها نسبت به کامپیوترهای معمولی در رویا رویی با مسائل دنیای حاضر بیشتر خواهد بود . برای این منظور محققین از روشهای معمولی در (۳) تشخیص الگو و هوش مصنوعی کمک گرفتند . این دوراستای تحقیقاتی ، چندین هدف مشترک را دنبال میکنند که مهمترین آنها پی بردن به فرآیندهای درک و شناخت در انسان و دادن توانایی‌های مشابه به کامپیوتر است . این دو مبحث در ابتدا دارای نقاط شروع مشترکی بودند اما بعداً " به

۱) Pattern recognition

۲) Perceptual and cognitive process

۳) Traditional

مباحث جداگانه و مختلفی تقسیم شدند.

مبحث هوش مصنوعی بر فرض نمایش (۱) بنا نهاده شده است. بر اساس این فرض جهان را میتوان بصورت سمبلیک نمایش داد و فرآیندهای درک و شناخت عبارتند از دست آوردن (۲) پردازش کردن (۳)، انتساب (۴) و اصلاح کردن (۵) سمبلها. [۱]

این روش بعنوان مدلی برای یکسری از عملکردهای مغز مناسب بنظر میرسد اما ممکن است برای عملکردهایی که ترکیبی از درک و شناخت را شامل شوند نامناسب باشد، از طرفی چنین نمایش سمبلی با فرآیندهایی که در سیستم بیولوژیکی انسان اتفاق می افتد خیلی تفاوت دارد. از سوی دیگر روشهای معمولی تشخیص الگو، در ابتدا در توجیه پدیده "درک" دچار شکست و ناامیدی شدند اما سپس پیشرفتهایی در جنبه های ریاضی و کامپیوتری موضوع صورت گرفت. بعنوان مثال تاکید بر تشخیص الگوی آماری (۶) و همچنین استفاده از بیان ریاضی برای دسته بندی کردن (۷) الگوها توسط ساختارهای مختلف صورت گرفت.

علیرغم اینکه هر دو روش در زمینه های کاربردی پیشرفتهایی داشتند ولی در پی بردن به اسرار "درک و شناخت" در انسان کمتر پیشرفت حاصل شد. سپس محققین به فکر شبیه سازی مغز افتادند تا شاید از این راه بتوانند تواناییهای انسان را به کامپیوتر انتقال دهند. عملکرد مغز انسان با توجه به میلیونها سال تکامل، بی تردید نمیتواند بعنوان کاملترین و پربار زده ترین الگو در تشخیص صوت و تصویر در نظر گرفته شود. بدین منظور دانشمندان و محققین در تلاشند تا با درک اصول و مکانیزمهای محاسباتی مغز انسان که منجر به عملکردهای بسیار سریع و دقیق میشود، آنها را در سیستمهای مصنوعی پیاده سازی نمایند.

مغز انسان تقریباً از 10^9 سلول عصبی تشکیل شده است که به هر یک از این سلولهای نرون گفته میشود. هر کدام از این سلولها از 10^4 سلول دیگر سیگنال دریافت

۱) Representation hypothesis

۲) Acquiring

۳) Manipulating

۴) Associating

۵) Modifying

۶) Statistical

۷) Classification

میدارد و اگر مجموع سیگنالهای وارده به یک سلول از یک حد آستانه بیشتر شود، خود سلول به سلولهای دیگر سیگنال ارسال میدارد. همکاری گسترده و موازی این سلولها، سادهترین توجیه برای عملکرد مغز و رفتار ما از قبیل تشخیص صدا و احوال میباشد. در سالهای اخیر، گروهی از محققین، مدلهای پردازش موازی را مورد بررسی قرار دادند. استفاده از مدلهای پردازش موازی در کنار روشهای معمول تشخیص الگو، روش جدید و قوی تری را بنام تشخیص وفقی^(۱) الگونتیجه میدهد. در این روش از ساختارهایی که شبیه به شبکه عصبی بیولوژیکی انسان است استفاده می شود و به همین جهت به آنها شبکه های عصبی مصنوعی^(۲) گفته می شود. در این مدلها نیز تعداد زیادی پردازنده ساده که به آنها نرون گفته میشود با هم در ارتباط هستند تا اطلاعات ورودی شبکه را پردازش کنند. این ساختارها از قابلیت یادگیری قوی برخوردارند و همانند انسان دارای قوه حافظه و یادآوری خوبی هستند.

در هوش مصنوعی کلاسیک، افراد خبره متدهای تست شده و دانستنیهای خود را به کامپیوتر می دهند تا بعنوان پایه و اساس پاسخها به سئوالات مربوط به یک قلمرو خاص قرار گیرد. سیستمی که با چنین روشی و با استفاده از تعدادی افراد خبره ساخته میشود سیستم خبره^(۳) نام دارد. از طرف دیگر شبکه عصبی از طریق فعل و انفعال با قلمرو مستقیماً "یاد میگیرد و احتیاجی به یک فرد خبره در مورد قلمرو ندارد. در صورتیکه به یک سیستم عصبی وقت کافی و تجربه و تمرین داده شود همه چیز در مورد قلمرو را یاد خواهد گرفت و حتی چیزهایی را فرا میگیرد که در حال حاضر هیچ فرد خبره ای نمیداند. [۲]

بعلاوه چون ساختار و نحوه پردازش این مدلها با شبکه عصبی بیولوژیکی انسان سازگار است، امکان استفاده از نتایج بدست آمده در روانشناسی^(۴) و شبکه های عصبی بیولوژیکی وجود دارد، اگرچه ماهیت کار از نوع مهندسی است.

شبکه های عصبی مصنوعی حاصل همکاری محققین چند موضوع تحقیقاتی از قبیل روانشناسی، بیولوژی و کامپیوتر است و یک زمینه تحقیقاتی بسیار فعال میباشد. یکی از ویژگیهای مهم این شبکه ها، پردازش اطلاعات بصورت الگوست. استفاده

۱) Adaptive

۲) Artificial

۳) Expert system

۴) Psychology

از پردازش موازی و گسترده نیز توانایی یادگیری و شناخت وفقی را که تاکنون عملی نبوده است به این شبکه‌ها داده است.

برتری شبکه‌های عصبی بر روشهای معمول پردازش اطلاعات را میتوان در ۵ مورد زیر خلاصه کرد:

- ۱- سرعت محاسباتی خیلی بالاتر بواسطه موازی صورت گرفتن پردازش اطلاعات
- ۲- وفق پیدا کردن با تغییرات مشخصه داده‌ها و سیگنالهای ورودی به شبکه
- ۳- عدم حساسیت شبکه نسبت به وجود عیب و نقص در تعدادی از نرونهاى شبکه و عدم همکاری آنها در پردازش اطلاعات به این ویژگی، آسیب‌ناپذیر بودن (۱) می‌گویند.
- ۴- بواسطه غیرخطی بودن مشخصه شبکه‌های عصبی، این شبکه‌ها قادر به تخمین توابع و فیلتر کردن سیگنالها با کیفیتی بالاتر از تکنیکهای خطی بهینه هستند.
- ۵- با تعریف نواحی غیرخطی در فضای الگوی ورودی میتوان از این شبکه‌ها برای تشخیص الگو استفاده کرد.

زاده (۲) در سال ۱۹۷۷ از تشخیص الگو بعنوان یک نگاشت (۳) از فضای نمایش الگو به فضای تفسیر (۴) یا فضای عضویت کلاس (۵) یاد کرد. عمل تشخیص و دسته‌بندی کردن در انسان بصورت کدر (۶) صورت می‌گیرد به این معنی که انسان از جزئیات و نحوه دسته‌بندی کردن اطلاعی ندارد و نمیتواند آنرا بصورت یک الگوریتم درآورد. بعنوان مثال تشخیص یک سیب توسط انسان را در نظر می‌گیریم. این توانایی انسان در یک پریود زمانی طولانی و بعد از خوردن، دیدن، لمس کردن، بوییدن و خریدن سیب کسب میشود. اما انسان قادر به توصیف دقیق و کیفی توانایی خودش نیست و بنا بر این نگاشت از نوع کدر است. اما در تشخیص الگو توسط روشهای هوش مصنوعی این نگاشت کدر با یک روش واضح و شفاف (۷) که بصورت یک روش والگوریتم قابل بیان باشد جایگزین شود.

برای واضح شدن مطالب بالا اشکال ۱-۲ و ۳ را در نظر می‌گیریم:

۱) Robustness

۲) Zadeh

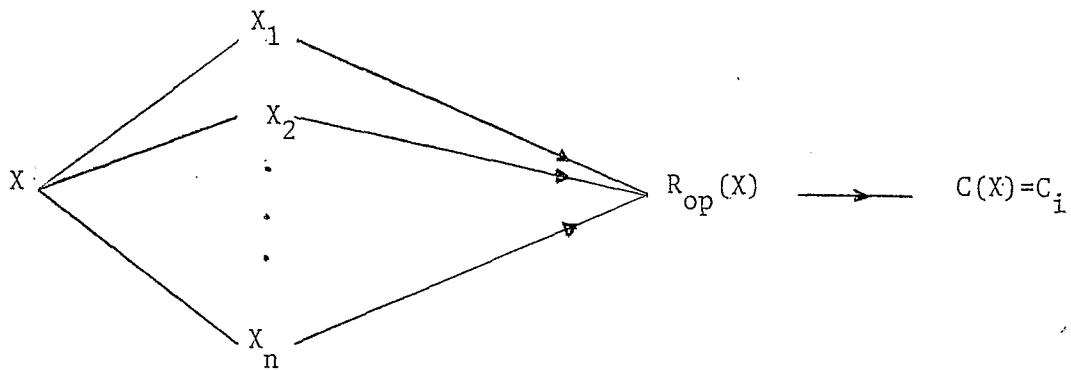
۳) Mapping

۴) Interpretation space

۵) Class membership space

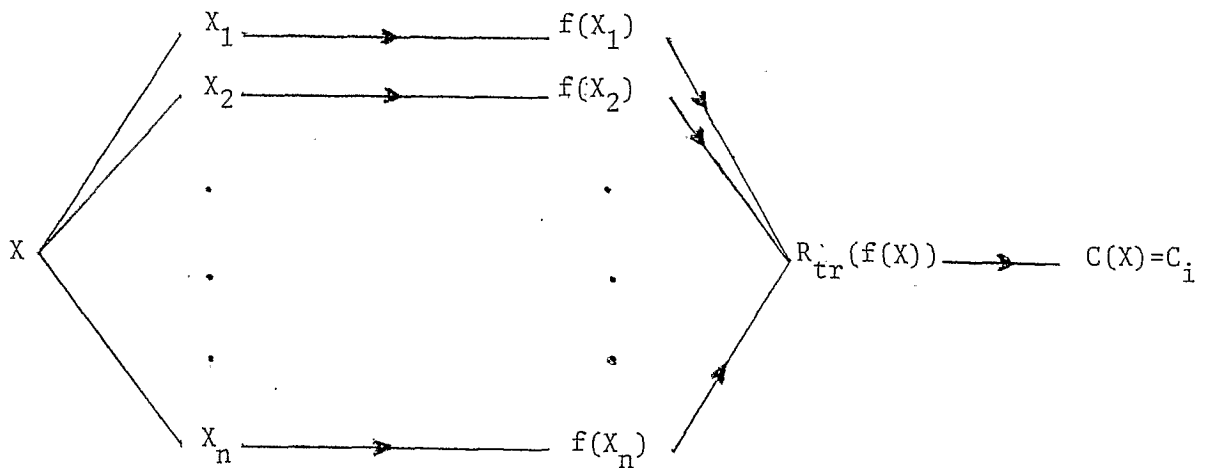
۶) Opaque

۷) Transparent



شکل ۱-۱ - یک نگاهت کدر

در شکل ۱-۱ شیئی X که به فرمهای مختلف X_1 تا X_n میتواند نمایش داده شود توسط نگاهت کدر $R_{op}(X)$ به کلاس خروجی $C(x)$ انتساب داده میشود. انسان این نگاهت را به کمک قوه درک و شناخت خود انجام میدهد.



شکل ۱-۲ - یک نگاهت واضح

در شکل ۱-۲ بعد از اینکه فرمهای مختلف X توسط تابع $f()$ مورد تبدیل قرار گرفتند و الگویی از شیئی X را نتیجه دادند توسط یک نگاهت شفاف $R_{tr} f(x)$ به کلاس خروجی $C(x)$ انتساب داده میشود.

بنا بر این در تشخیص الگو یا دید ویژگیهای مناسب الگو نگاهت بهینه $R_{tr}()$ را پیدا کرد. معیار مشخص وقاطعی برای انتخاب مناسب f وجود ندارد اما اگر نامناسب انتخاب شود نگاهت مورد استفاده $R_{tr}()$ پیچیده خواهد شد و از طرف دیگر انتخاب مناسب f به نگاهت ساده $R_{tr}()$ منتهی میشود.

در این رساله که هدف آن تشخیص اعداد دست نویس فارسی توسط کامپیوتر است بدنبال تعیین f و $R_{tr}()$ بهینه برای کاربرد مورد نظر هستیم . برای تحقق $R_{tr}()$ از شبکه های عصبی مصنوعی بعنوان یک ابزار محاسباتی قوی استفاده می کنیم .

جهت نیل به این مقصود در فصل دوم شبکه های عصبی را معرفی کرده و یک آشنایی مقدماتی با این شبکه ها پیدا میکنیم . در فصل سوم چند ساختار معیاری و روش از شبکه های عصبی و الگوریتم های تربیتی این شبکه ها را مورد بررسی قرار می دهیم . بدلیل اهمیتی که شبکه های عصبی مستقیم چندلایه در انجام پروژه دارند ، الگوریتم تربیتی این شبکه ها را بطور مفصل مورد بحث قرار خواهیم داد . در فصل چهارم مسئله تشخیص الگور را از جنبه آماری و سپس از دیدگاه شبکه های عصبی مورد بررسی قرار میدهم . در فصل پنجم شبیه سازی های انجام شده و نتایجی که از این شبیه سازی ها گرفته شده است ارائه میشود . فصل ششم نیز اختصاص به نتیجه گیری و پیشنهاداتی در رابطه با ادامه پروژه دارد . نرم افزارهای نوشته شده جهت مقاصد رساله نیز در قسمت ضمیمه آورده شده اند .

فصل دوم

آشنایی مقدماتی با شبکه‌های عصبی

۱-۲- مقدمه:

در این فصل به تشریح ساختار کلی شبکه‌های عصبی و متعلقات آنها می‌پردازیم. علیرغم اینکه ساختار کلی این شبکه‌ها از ساختار شبکه عصبی بیولوژیکی انسان الهام گرفته شده است، معیناً بحث ما در این قسمت تنها شبکه‌های عصبی مصنوعی را دربرمیگیرد. انسان با تربیت شدن برای یادگیری و انجام یک عمل بخصوص آشنایی دیرینه دارد. همین امر باعث شده است که ایده تربیت یک سیستم پردازش اطلاعات بجای برنامه‌ریزی الگوریتمی آن در بین محققین از جاذبه ذاتی برخوردار باشد. از زمان اختراع اولین کامپیوتر دیجیتال در سال ۱۹۴۶ تا دهه ۱۹۸۰ برای حل تمام مسائلی که با پردازش اطلاعات سرکار داشتند از روش محاسبات برنامه‌ریزی شده^(۱) استفاده میشد. در این گونه موارد حل مسئله به پیشنهاد یک الگوریتم یا یک مجموعه قوانین و سپس تبدیل آنها به یک بسته نرم‌افزاری منتهی می‌شد. واضح است که این روش تنها موقعی میتواند بکار رود که یک توصیف دقیق و صریح از مسئله وجود داشته باشد. از معایب این روش این است

۱) Programmed Computing